

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATION  
OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

**NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN NAMED AFTER  
MIRZO ULUGBEK**

**INSTITUTE OF MATHEMATICS NAMED AFTER  
V. I. ROMANOVSKY**

**ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN  
MATHEMATICAL SOCIETY OF UZBEKISTAN**



**PROCEEDINGS OF THE SEMINAR**  
dedicated to the memory of professor M.I. Isroilov on April 27, 2024  
**(CMT2024)**

**“HISOBLASH MODELLARI VA TEXNOLOGIYALARI”**  
**(CMT2024)**  
professor M.I. Isroilov tavalludining 90 yilligiga bag‘ishlangan uchinchi xalqaro  
seminar

Труды международного семинара,  
посвященном 90-летию профессора М.И.Исроилова 27 апреля 2024 г.  
**«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ»**  
**(CMT2024)**

**Tashkent-2024**

**MINISTRY OF HIGHER EDUCATION, SCIENCE AND INNOVATION  
OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

**NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN NAMED AFTER  
MIRZO ULUGBEK**

**INSTITUTE OF MATHEMATICS NAMED AFTER  
V. I. ROMANOVSKY**

**ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN  
MATHEMATICAL SOCIETY OF UZBEKISTAN**

**PROCEEDINGS OF THE SEMINAR**

**dedicated to the memory of professor M.I. Isroilov on April 27, 2024  
(CMT2024)**

**“HISOBLASH MODELLARI VA TEXNOLOGIYALARI”  
(CMT2024)**

**professor M.I. Isroilov tavalludining 90 yilligiga bag‘ishlangan uchinchi xalqaro  
seminar**

**Труды международного семинара,  
посвященном 90-летию профессора М.И.Исроилова 27 апреля 2024 г.  
«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МОДЕЛИ И ТЕХНОЛОГИИ»  
(CMT2024)**

**Tashkent-2024**

“Вычислительные модели и технологии”: труды международного семинара (27 апреля 2024 года, г.Ташкент). Руководитель семинара д.ф.-м.н., проф. Р.Д.Алоев.-Ташкент, НУУз имени Мирзо Улугбека, 2024, - 243с.

Сборник содержит материалы международного семинара, посвященного 90-летию М.И.Исроилова “Вычислительные модели и технологии”, предназначен для магистрантов, преподавателей и студентов вузов, научных работников, специалистов в области вычислительной математики, искусственного интеллекта и информационной безопасности.

### **Оргкомитет семинара:**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| профессор Арипов М.М.      | -Модератор семинара, НУУз                          |
| доцент Худойбергганов М.У. | -Председатель оргкомитета                          |
| профессор Алоев Р.Д        | -Председатель семинара, научный руководитель, НУУз |

### **Члены оргкомитета семинара:**

|                            |   |
|----------------------------|---|
| профессор Расулов А.С.     | -Председатель секции «Методы Монте-Карло», УМЭД                       |
| профессор Шодиметов Х.М.   | -Председатель секции «Кубатурные формулы», Институт математики АН РУз |
| доцент Худойбергганов М.У. | -Председатель секции «Вычислительные методы», НУУз                    |
| профессор Матякубов А.С.   | -Председатель секции «Математическое моделирование», НУУз             |
| профессор Мадрахимов Ш.Ф.  | -Председатель секции «Искусственный интеллект», НУУз                  |
| доцент Болтаев Ш.          | -Председатель секции «Информационная безопасность», НУУз              |

### **Члены редакционной коллегии:**

|   |   |
|---|---|
| профессор Эшкватов З.К.                         | -Ответственный секретарь подготовки сборника «Научные труды М.И.Исроилова», НУУз  |
| профессор Варламова Л.П.,<br>Чориёров Н.К       | -Компьютерная верстка, подготовка макета сборника трудов международного семинара «Вычислительные модели и технологии», НУУз |
| профессор Аллаков И.                            | -Ответственный секретарь подготовки книги «Научные труды М.И.Исроилова», НУУз   |
| профессор Хаётов А.Р.                           | -Ответственный секретарь подготовки сборника статей   |
| Профессор Сейтов А.Ж.,<br>Каххоров А.           | -Ответственный секретарь подготовки web-сайта международного семинара «Вычислительные модели и технологии», НУУз            |
| доцент Худойбергганов М.У.                      | -Учёный секретарь международного семинара «Вычислительные модели и технологии», НУУз  |
| доцент Бахромов С.А.                            | -Ответственный секретарь по общим вопросам  |
| Абдурахмонов О.А.,<br>Каримов Д.К., Курбонов Н. | -Общие вопросы семинара<br>-Технические секретари семинара  |

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник трудов международного семинара «Вычислительные модели и технологии», посвященного 90-летию профессора М.И.Исроилова, прошедшего 27 апреля 2024 года в Национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека.

В память о выдающемся ученом, профессоре Маъруфе Исроиловиче Исроилеве был организован международный семинар. Профессор Маъруф Исроилович Исроилов является основоположником и создателем национальной школы по теории чисел и вычислительной математике в Узбекистане.

Профессор М.И.Исроилов внес большой вклад в решении проблем современности по теории чисел, вычислительной математике и теории приближения, оставив в мировой науке глубокий след и богатое научное наследие. Помимо научной работы, профессор Исроилов М.И. вел методическую и воспитательную работу среди молодежи. Ученики Исроилова М.И. успешно работают и по сей день в различных отраслях науки и экономики республики Узбекистан.

Семинар, ставший традиционным, служит ярким примером развития работ профессора Исроилова М.И., включает в себя работы по основным направлениям вычислительной математики:

- вычислительные методы;
- кубатурные формулы;
- методы Монте-Карло;
- математическое моделирование;
- искусственный интеллект;
- информационная безопасность.

В работе семинара приняли участие ведущие специалисты в области вычислительной математики, ученики профессора Исроилова М.И. и молодые ученые из Узбекистана, Малайзии, Китая, России.

Целью международного семинара «Вычислительные модели и технологии» было обсуждение научных результатов ученых за последние годы в бурно развивающихся областях вычислительной математики, математического моделирования, искусственного интеллекта и информационной безопасности.

Сборник трудов международного семинара послужит хорошим подспорьем молодым ученым, магистрантам, преподавателям и специалистам в области вычислительной математики, теории чисел и теории приближения.

## Table of Contents

|   |          |
|---|----------|
| <b>SESSION 1. COMPUTATIONAL MATHEMATICS.....</b>  | <b>8</b> |
| <b>Eshkuvatov Z.K.</b> Quadrature formula for approximating the singular integral of cauchy type .....  | 8        |
| <b>Aloev R.D., Ilyani Abdullah, Shalela Mohd Mahali</b> Lyapunov stability of an upwind difference scheme for a quasilinear hyperbolic system.....  | 12       |
| <b>B.Yusoff</b> Introduction to circular q-rung orthopair fuzzy sets.....   | 13       |
| <b>R. Nawaz, N. M. A. Nik Long</b> Caputo fractional differential equations for low-risk individuals of the tuberculosis transmission disease.....  | 13       |
| <b>Eshkuvatov Z.K., Salimova N.M., Xudoyberganov M.O’.</b> Solving system of volterra integral equations of the first and second kind by modified adomian decomposition method .....                  | 14       |
| <b>Rasulov A.S., Raimova G.M.</b> Application of Monte Carlo and asynchronous methods in solving financial problems .....   | 15       |
| <b>Маматов А.Р.</b> Алгоритм решения одной задачи билинейного программирования .....  | 16       |
| <b>Нормуродов Ч.Б., Абдурахимов Б.Ф., Джураева Н.Т.</b> О сходимости метода предварительного интегрирования .....   | 17       |
| <b>Солеев А.С., Розет И.Г., Мухтаров Я.</b> Исследование эколого-медицинских моделей методами бифуркационных параметров в конечно разностных дискретных системах .....                                | 19       |
| <b>Mamatova H., Eshkuvatov Z.K., Ismail Sh.</b> Hybrid method for bounded and unbounded solution of the system of cauchy-type singular integral equations of the first kind .....                     | 22       |
| <b>Aloyev R.D., Ovlayeva M.X., Egamberdiyeva D.Z.</b> Giperbolik sistema uchun qo’yilgan chegaraviy boshqarish masalasi uchun oshkormas ayirmali sxemasi turg’unligini tadqiq etish .....             | 23       |
| <b>Aloyev R.D., Ovlayeva M.X., Fattoyeva N.G’.</b> Dinamik chegaraviy shartlariga ega ikki o’lchovli giperbolik sistema uchun oshkormas ayirmali sxemani qurish, turg’unligini tekshirish .....       | 24       |
| <b>Aloev R.D., Alimova V.B.</b> Exponential stability of a numerical solution of a hyperbolic system with negative nonlocal characteristic velocities .....   | 25       |
| <b>Qurbonov J.S.</b> Funktsiyalarni interpolatsiyalash masalasi. Splayn funktsiyalarni klassik interpolatsion ko’pxadlardan afzalligi.....  | 26       |
| <b>Dalabaev U., Hasanova D.R.</b> Some approaches to improving solutions of differential equations .....  | 28       |
| <b>Аллаков И., Имамов О.Ш.</b> О число решении одной квадратного уравнение в простых чисел из арифметической прогрессии .....   | 30       |
| <b>Xudoyberganov M.O’., Karimov D.</b> To’lqin tenglamasiga qo’yilgan aralash masala sonli yechimining Lyapunov bo’yicha turg’unligi.....   | 32       |
| <b>Abdullaev E.S., Zakirov V.M.</b> Servicing requests by controlling request intervals during times of high traffic .....  | 34       |
| <b>Rasulov A.S., Matqurbanov G.B.</b> Yevropa turdagi opsiyoning narxini diskret va uzluksiz holda hisoblash.....   | 36       |
| <b>Abdiquahhorov S., Choriyorov N.Q., Abduraxmonov O.N., Seytov A.J.</b> Ochiq kanallarda suvning ikki o’lchamli beqaror harakati masallarini yechish uchun chekli element usulidan foydalanish ..... | 39       |
| <b>Kurbonnazarov A.I., Boltayev N.D.</b> Hilbert fazosida Furiye koeffitsiyentlarini hisoblash uchun giperbolik funktsiyalarga aniq optimal kvadratur formula.....                                    | 41       |
| <b>Doniyorov N.N.</b> Chekli elementlar usullari uchun yangi algebraik – trigonometrik bazis funktsiyalarni qurish.....   | 43       |
| <b>Hayotov A.R., Babaev S.S.</b> Weighted optimal quadrature formula with derivative in the space $W_2^{(2,1)}$ .....   | 45       |
| <b>Akhmedov D.M., Aliev Sh.E.</b> Optimal quadrature formulas for singular integrals of cauchy type in $L_2^{(m)}(-1,1)$ .....  | 46       |
| <b>Akhmedov D.M., Hayotova S.A.</b> Optimal quadrature formula for reconstruction of tomographic images of radial symmetric functions .....   | 47       |
| <b>Nuraliev F.A., Kuziev Sh.S.</b> Coefficients of the optimal quadrature formulas with derivatives .....   | 48       |

|   |            |
|---|------------|
| <b>Babaev S.S., Mirzoyeva S.O.</b> The numerical solution of a volterra integral equation of the second kind using the Galerkin method based on the coefficients of the optimal interpolation ..... | 51         |
| <b>Babaev S.S., Ganiyeva M.N.</b> The numerical solution of a volterra integral equation the second kind by optimal quadrature formula.....   | 52         |
| <b>Abduaxadov A.A., Yusufova G.Sh.</b> Construction of the optimal quadrature formula for highly oscillatory integrals using the PHI function method.....   | 53         |
| <b>Boytillayev B.A.</b> Construction of optimal formulas for approximate solution of generalized Abel's integral equations of fractional order .....  | 54         |
| <b>Jabborov X.X.</b> Sobolevning $L_2^{(1)}(0, 2\pi)$ fazosida gilbert yadroli singular integrallar uchun optimal kvadratur formulaning koeffitsiyentlari .....                                     | 57         |
| <b>Пья V. Boykov</b> Approximate methods for calculating hypersingular integrals .....  | 60         |
| <b>Arasheva S., Abdujabborov Z., Seytov A.</b> Mathcad dasturida matematik analiz misol va masalalarini yechish algoritmlari.....   | 60         |
| <b>Beshimov N., Kamboyev B., Seytov A.</b> Hosila hisoblashning sodda qoidalari. Elementar funksiyalarning hosilalari.....  | 63         |
| <b>Жалолов О.И., Барноева З.Э., Махмудов М.М.</b> Практичные асимптотические оптимальные кубатурные формулы в пространстве Соболева $\bar{L}_p^{(m)}(S_n)$ .....                                    | 66         |
| <b>Жалолов О.И., Мухсинова М.Ш.</b> Нахождении элемент рисса и норма функционала погрешности квадратурной формулы типа фурье в пространстве Хёрмандера $H_2^\mu(R)$ .....                           | 68         |
| <b>Жалолов О.И., Хаятов Х.У.</b> Алгоритм построении квадратурных формул с помощью оптимальной интерполяционной формулы в пространстве С.Л.Соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ .....                  | 69         |
| <b>SESSION 2. INFORMATION SECURITY.....</b>   | <b>72</b>  |
| <b>Tuyboyov O.V., Normatov S.B.</b> Collaborative creativity between humans and AI .....  | 72         |
| <b>Tuyboyov O.V., Normatov S.B.</b> Impacts of AI on the future of work and employment .....  | 74         |
| <b>Муртазин Э.Р., Петров Р.И.</b> Революция в кибербезопасности: роль симуляций и виртуальных сред в тестировании и оптимизации расчетных моделей .....   | 77         |
| <b>Нормуродов Д.Г.</b> Исследование уязвимостей интернета вещей (IoT) и методы их устранения 79   |            |
| <b>Акабирходжаева Д.Р.</b> Меры и предложения по обеспечению информационной безопасности личности в узбекистане в условиях глобализации.....  | 81         |
| <b>Tuychiev G.N., Jumakulov A.K.</b> The network srepes16-4.....  | 84         |
| <b>Bekmirzaev O.N., Eshonqulov N.D.</b> Analysis the tools of protection DDoS attacks and their features .....  | 88         |
| <b>Sayfullayev Sh.B.</b> Kiberxavfsizlik asoslari fanidan darslarni o'tish konseptual modeli.....   | 91         |
| <b>Anvarjonov Kh., Alijonov A.</b> Steganography in IoT communications .....  | 93         |
| <b>Arolova Sh., O'Imasov A.</b> IoT tizimlarida trojan hujumlar.....  | 95         |
| <b>Xolbo'tayeva L.G.</b> Blowfish simmetrik blokli shifrlash algoritmi .....  | 97         |
| <b>Sattorov I.</b> Axborot xavfsizligidagi zaifliklarini aniqlash klassifikatsiyasi .....   | 99         |
| <b>Mirzaxmedova E.X.</b> Kriptografik hesh funksiya algoritmlarining qiyosiy tahlili.....   | 101        |
| <b>Liu Lingyun</b> Research on software optimization methods for SM4 and SM4 variant.....   | 103        |
| <b>SESSION 3. MATHEMATICAL MODELING .....</b>   | <b>106</b> |
| <b>Aripov M., Bobokandov M.</b> Cauchy problem for a double nonlinear parabolic non-divergence form equation with a critical exponent .....   | 106        |
| <b>Friday Zinzendoff Okwonu</b> High dimensional diagonal classification methods .....  | 108        |
| <b>Kumykov T.S., Parovik R.I.</b> Modeling thunderstorms formation within the mid-latitude taking into account cloud fractal properties .....   | 109        |
| <b>Рахмонов З.Р., Урунбаев Ж.Э.</b> Об одной задачи кросс диффузии с нелинейными граничными условиями .....   | 111        |
| <b>Саидов У.М.</b> Ионлашган суспензияларни филтрлашда математик модел ишлаб чиқиш .....  | 112        |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Normurodov Ch.B., Ziyakulova Sh.A., Normatova M.M.</b> Singulyar qo‘zg‘atilgan tenglamani dastlab integrallash metodining diskret varianti bilan sonli modellashtirish.....  | 115 |
| <b>Шукуров А.М., Жабборов А.У.</b> Рассеяние нестационарных волн давления на жестком шаре в акустическом полупространстве.....  | 117 |
| <b>Okwonu F.Z.</b> The use of quartile resample for multi-D imensional bayes classification.....  | 120 |
| <b>Мусурмонова М.О., Шукуров А.М.</b> Распространение нестационарных поперечных волн от сферической полости вблизи жесткого шара в пространстве упругой среды.....  | 121 |
| <b>Джамалов С.З., Сипатдинова Б.К.</b> Об одной линейной обратной задаче для трёхмерного уравнения смешанного типа второго рода второго порядка с нелокальными краевыми условиями в неограниченном параллелепипеде..... | 124 |
| <b>Yuldashev T.K.</b> Optimal control of nonlinear inverse problem for a hilfer fractional analog of the Barenblatt-Zhel'tov-Kochina equation with redefinition function at the end of the interval .....               | 125 |
| <b>Yarashov I.</b> Mathematical modeling and research of the dynamic protection system.....   | 128 |
| <b>Raimova G.M., Muhammadibrohimov B.N.</b> Rem analysis of the “green” state of the central asian countries .....  | 129 |
| <b>Bekova V.G., Khakimov M.X., Olimova D.B.</b> The analysis and mathematical models of sentence types for a quantum computer translation .....   | 131 |
| <b>Rasulmuxamedov M.M., Tashmetov K.Sh.</b> Transport oqimlarini o‘rganishda LWR modeli .....   | 134 |
| <b>Dalabaev U., Laatipov N.K., Buriev A.T.</b> Development of flow in a pipe with partially filled porous medium.....   | 136 |
| <b>Rafiqova D.R., Abduraxmonov O.N., Choriyovov N.Q., Seytov A.J.</b> Mavsumiy tartibga soluvchi suv omborlari bo‘lgan yirik nasos stansiyalarida suv resurslarining matematik modellari .....                          | 138 |
| <b>Полатов А.М., Икрамов А.М., Сапаев Ш.О.</b> Компьютерное моделирование температурного поля при тепловом потоке в осесимметричных телах сложной конструкции .....   | 141 |
| <b>Varlamova L.P., Qahhorov A.O‘.</b> Aerokosmik tasvirlarni qayta ishlashning matematik usullari....   | 145 |
| <b>Жалолов Ф.И., Исомиддинов Б.О.</b> О нахождении коэффициенты весовой оптимальной квадратурной формулы в пространстве С.Л.Соболева $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ .....   | 146 |
| <b>Жалолов И.И., Исомиддинов Б.О.</b> Об одном алгоритме построение оптимальной квадратурной формулы в пространстве хёрмандера.....   | 148 |
| <b>Khuzhayorov B.Kh., Dzhilyanov T.O., Akramov Sh.B., Tovboyev J.M.</b> Model of anomalous filtration of liquid in a one-dimensional homogeneous porous medium.....   | 149 |
| <b>Vaxromov S., Ibragimov S., Yuldashev M., Karimov A.</b> Oshqozon yarasining yuzasini integral yordamida hisoblash usullari va algoritmlari .....   | 152 |
| <b>Юлдашев М., Каримов А., Қурбонов Н., Собиров А.</b> Геофизик сигналларни тиклашда биринчи тартибли сплайн функцияларни қўлланилиши .....   | 155 |
| <b>Vaxromov S.A., Choriyovov N.Q., Irisqulova R.I., Tursonov H.A.</b> Tengmas oraliqlarda qurilgan lokal interpoliyatsion kubik splaynlar qurish .....  | 157 |
| <b>Бахромов С.А., Кабилова О.А., Азимова У.А., Қурбонов Ж.С.</b> Сравнительный анализ методов приближения функций полиномиальными сплайнами .....   | 160 |
| <b>Қобилов С.Ш., Хушвақтов Ж.Г., Насриддинов Ж.И., Тошмаматов Х.Х.</b> Функцияларни интерполяция қилишнинг локал сплайн усули .....   | 162 |
| <b>Хужаёров Б., Джиянов Т.О., Зокиров М.С., Ражаббойев Ш.Ш.</b> Дробно-дифференциальная модель упруговязкопластичной фильтрации .....   | 164 |
| <b>Абдураимов Д.Э.</b> Термопластик масалани ечишнинг умумий ҳолда қўйилиши ва ечиш усуллари ҳақида .....   | 167 |
| <b>Seytov A.J., Abdujabbarov Z.A.</b> Модель кинематической волны .....   | 169 |
| <b>Гофуржонов М., Дадабаев С., Косимов А., Курбонов Н.</b> Восстановление сигналов с помощью многочлена Лагранжа .....  | 172 |
| <b>Ramanova T.T., Abdullaev I.U.</b> Modeling the noise map of the dormitory of the national university of Uzbekistan.....  | 175 |
| <b>Бобович Д. А., Александрович А. Е.</b> Использование технологий виртуальной реальности в образовании .....   | 178 |

|   |            |
|---|------------|
| <b>SESSION 4. ARTIFICIAL INTELLIGENCE .....</b>   | <b>182</b> |
| <b>Каршибоев Ш.А., Муртазин Э.Р., Касимов А.М.</b> Интеграция искусственного интеллекта в проектирование эффективных энергетических систем .....                        | 182        |
| <b>Тухтабаев К.А., Эргашева Ш.Э.</b> Аналитических выражений для вычислений значений латентных признаков .....  | 184        |
| <b>Турсунмуротов Д.Х.</b> Цензурирование обучающих выборок с использованием регуляризации.....  | 187        |
| <b>G'afforov N.Y.</b> Shaxsni tanib olishda biometrik texnologiyalar: afzallik va kamchiliklari .....   | 189        |
| <b>Порубай О.В.</b> Применение концепции Smart Grid в задачах управления режимами работы электроэнергетических систем .....   | 192        |
| <b>Игнатъев Н.А.</b> Об оценках качества кластерного анализа данных.....  | 194        |
| <b>Расулмухамедов М.М., Ташметов К.Ш.</b> Модель машинного обучения для прогнозирования транспортных потоков: дерево решений .....                                      | 197        |
| <b>Кодиров Б.Т., Раззаков М.Б.</b> Искусственного интеллекта при формировании имиджа организации .....  | 200        |
| <b>Sayfullayeva S.U.</b> Iqtisodiyotda sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llanishining nazariy asoslari..  | 202        |
| <b>Бакоев М.Т., Умарова Ш.Г.</b> Использование потенциала искусственного интеллекта в электронном обучении.....   | 205        |
| <b>Hokimjonova Z.Sh.</b> The importance of Deep Learning to detect IDC patches from breast cancer ...   | 207        |
| <b>Mirzayev N., O'rinboyev J.K.</b> Diktorni tanib olish masalasida ovozni xarakterlovchi belgilarni ajratib olishning mel chastotali keprstral analiz usuli.....       | 208        |
| <b>Акбаров Б.Х.</b> Анализ отношений объектов обучающей выборки на многообразиях наборов латентных признаков .....  | 211        |
| <b>Рахматуллаева С.Ф.</b> Сунъий интеллектнинг шаклланиши ва ривожланиш истиқболлари .....  | 214        |
| <b>Тиллаволдиев А.О., Мелиев Ф.Ф.</b> Предпочтительные комбинации признаков в алгоритмах распознавания.....   | 216        |
| <b>Samandarov E.K.</b> O'quvchilar bilimini baholashda logistik regressiya mashina o'qitish algoritmidan foydalanish .....  | 218        |
| <b>Varlamova L.P., Zhang Hongzhi, Tashmamatov H.H.</b> Identification of potato leaf diseases with convolutional neural network.....                                    | 219        |
| <b>Yao Yuge</b> Research on the application of artificial intelligence technology in scientific term retrieval under the framework of Big Data.....                     | 222        |
| <b>Авазов Ю.Ш., Абдуллаева К.Р.</b> Анализ эффективности применения интеллектуальных тренажеров в технологических производствах .....                                   | 225        |
| <b>Ru Jiang</b> Research on tomato disease detection model based on Yolo.....   | 227        |
| <b>Usmanbayev D.Sh.</b> Hujumlarni aniqlash tizimlarida mashinali o'qitish algoritmlarini qo'llash usullarining tahlili .....   | 230        |
| <b>Safarov O., Seytov A.</b> Bolalarda bronxoobstruktiv sindromini olib borish va davolashni sun'iy intellektdan foydalanish .....                                      | 232        |
| <b>Abdumannopov A., Seytov A.</b> From scarcity to sustainability: a critical examination of AI-powered water management in urban environments.....                     | 234        |
| <b>Aminov I.B., Inatov A.I.</b> Technologies and algorithms for using artificial intelligence in education .....  | 236        |
| <b>O'rinov N.T., Chilonboyeva M.A.</b> Sun'iy intellekt: rivojlanish va inson hayotining turli sohalarida amalga oshirish istiqbollari .....                            | 238        |
| <b>Авазов Ю.Ш., Чориев У.Б., Рахмонов Р.Х.</b> Возможности использования языка программирования python в обучении студентов направления искусственного интеллекта ..... | 240        |



## SESSION 1. COMPUTATIONAL MATHEMATICS

### QUADRATURE FORMULA FOR APPROXIMATING THE SINGULAR INTEGRAL OF CAUCHY TYPE

Z.K. Eshkuvatov <sup>1,2,a)</sup>,

Dedicated to 90<sup>th</sup> anniversary of M.I. Israilov

<sup>1</sup> Faculty of Computer Science and Mathematics, Universiti Malaysia Terengganu, Terengganu Malaysia

<sup>2</sup> Faculty of Applied Mathematics and Intellectual Technologies, National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

Author Email

<sup>a)</sup> zainidin@umt.edu.my



Maruf Israilovich Israilov (27.04.1934 - 29.08.2010) was a renowned scientist, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, and organizer who was a leading figure in the field of number theory and computational mathematics in Uzbekistan. He made significant contributions to the unknown aspects of the theory numbers and computational mathematics, as well as he trained many youth scientists for future study.

I have joined (September 1988 – September 1996) to the “Numerical methods” laboratory where he was head of laboratory at the Institute of Mathematics named after V.I. Romanovsky, Academy of Science of Uzbekistan as “Trainee researcher, PhD postgraduate students and junior research fellow. From the beginning of my attendance in his laboratory I feel

and was witness that he is not only supervisor in research and kind and demanded person. He gave me the book named “Numerical methods in singular integral equations” written by Belotserkovskii and Lifanov ([1],1985) to read and analyses “Method of discrete vortex (MDV)” established by Professor S. Belotserkovskii for aerodynamics problem then Professor I. Lifanov developed and justified MDV mathematically and implemented it to solve many types of Cauchy type singular integral equations from one-dimensional to multi-dimensional. Even if MDV is the simplest method and has many applications it has some demerits such that when singular point in singular integrals approaches to the end points of the interval  $[a, b]$  convergence of MDV is getting worse and singular point  $x$  must lie in the middle of the subintervals  $[x_j, x_{j+1}]$ ,  $j = 0, \dots, N-1$  where  $x_0 = a$ ,  $x_N = b$ . In 1990, he requested me to develop MDV such that MDV should be convergent when singular point  $x$  approaches to the end points of the interval  $(a, b)$ . By analyzing few papers and books of I.K. Lifanov papers [3-5] and M.I. Israilov’s papers [6-13], I was able to develop MDV and got convergence when singular point  $x$  approaches to the end points  $(a, b)$  with the condition such that singular point  $x$  must lie in the middle of the subintervals  $[x_j, x_{j+1}]$ ,  $j = 0, \dots, N-1$  and obtained results were published in journals [14-18] and named modified method of discrete vortex method (MMDV).

It is known that Cauchy-type singular integral equations (CSIEs) are naturally occurred in many branches of science, including fracture mechanics (e.g., cruciform crack problems), aerodynamics (e.g., oscillating aerofoils), and electrodynamics. Since it is challenging to find analytical solutions to singular integral equations with weak or strong singularity, many researchers have developed numerical methods with significant accuracy for their evaluation. The widespread utility and practical significance of CSIEs have led to a growing interest among researchers in tackling these equations, prompting continuous advancements in methodologies. Diverse approaches have been employed to address Cauchy and Abel-type singular integral equations, encompassing their generalized and weakly singular kernels.

It is known that the characteristic singular integral equations of the form

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{u(t) dt}{t-x} = f(x), \quad -1 < x < 1 \quad (1)$$

has four types of solutions [1].

**Case 1.** The solution is bounded at the endpoints  $x = \pm 1$ , which yields

$$\begin{cases} u(x) = -\frac{\sqrt{1-x^2}}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(t) dt}{\sqrt{1-t^2}(t-x)}, \\ \int_{-1}^1 \frac{f(x)}{\sqrt{1-x^2}} dx = 0. \end{cases} \quad (2)$$

**Case 2.** The solution is unbounded at the endpoints  $x = \pm 1$ , yielding

$$\begin{cases} u(x) = -\frac{1}{\pi\sqrt{1-x^2}} \int_{-1}^1 \frac{\sqrt{1-t^2} f(t)}{t-x} dt + \frac{c}{\pi\sqrt{1-x^2}}, \\ \int_{-1}^1 u(t) dt = c, \quad c \text{ may take zero value.} \end{cases} \quad (3)$$

**Case 3.** The solution is bounded at the endpoint  $x = -1$ , but unbounded at the end point  $x = 1$ , yielding

$$u(x) = -\frac{1}{\pi} \frac{\sqrt{1+x}}{\sqrt{1-x}} \int_{-1}^1 \sqrt{\frac{1-t}{1+t}} \frac{f(t)}{t-x} dt \quad (4)$$

**Case 4.** The solution is bounded at the endpoint  $t = -1$ , but unbounded at the endpoint  $t = 1$ , yielding

$$u(x) = -\frac{1}{\pi} \frac{\sqrt{1-x}}{\sqrt{1+x}} \int_{-1}^1 \sqrt{\frac{1+t}{1-t}} \frac{f(t)}{t-x} dt \quad (5)$$

The four cases solutions (2)-(5) of CSIEs (1) can be written by ignoring negative sign in the form

$$C_r(f, x) = \frac{w_r(x)}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{f(t)}{w_r(t)(t-x)} dt, \quad x \in (-1, 1), \quad r = \{1, 2, 3, 4\} \quad (6)$$

where

$$\begin{aligned} w_1(x) &= \sqrt{1-x^2}, & w_2(x) &= \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}, \\ w_3(x) &= \sqrt{\frac{1+x}{1-x}}, & w_4(x) &= \sqrt{\frac{1-x}{1+x}} \end{aligned} \quad (7)$$

are the weights and  $f(x)$  is a smooth function.

Some researchers consider Cauchy SIs of the form

$$C(h, x) = \int_{-1}^1 \rho(t) K(t, x) h(t) dt, \quad x \in (-1, 1), \quad (8)$$

where  $w(t)$  is the weight function,  $K(t, x)$  is weak or strong singular kernel and  $h(x)$  is a smooth function.

Professor M.I. Israilov was very good expert in using different type of splines and polynomial approximation for evaluating singular integrals of Cauchy and Hilbert kernels. In 1990, M.I. Israilov [11] (later partial of this paper with new singular integrals is published in [13, 2011]) consider SIEs (1) and its solutions given by (6) and develop new quadrature formulas (QFs) based on linear spline approximations. On the construction of QFs he got very commendable formula

$$\int \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}(t-x)} = \frac{1}{1-x^2} \ln \left| \frac{t\sqrt{1-x^2} - x\sqrt{1-t^2}}{\sqrt{1-x^2} + \sqrt{1-t^2}} \right| + C \quad (9)$$

He established few theorems on the linear spline approximations and provide convergence of QF for any singular point  $x \in (-1, 1)$  for many classes of functions i.e.  $H^\alpha([-1, 1], K)$ ,  $C^{m, \alpha}([-1, 1])$ ,  $W^1([-1, 1])$ ,  $CW_\Delta^r([-1, 1])$ . These obtained results and properties of linear spline approximations lead me new perspective area of research.

Before starting my new carriers in Malaysian universities (since March 2004 to present March 2024) I meet him (2004-2009) few times and got very good message on establishing convergence of MDV by combining MMDV and linear spline approximations. From 2009 to 2011, I was able to construct new QFs for the solutions of SIEs (1) and published very quality papers in Elsevier Journals such as Journal of Computational and Applied Mathematics [19-22] completely establish convergence of MMDV for any singular point  $x \in (-1, 1)$ . In [23, 2011] new quadrature formula was established named automatic quadrature scheme (AQS) and was new direction of my research.

The results published in [19-23] was one of core results in my getting the Doctor of science degree (DSc, 2022). Professor M.I. Israilov played in my research life crucial role on developing and establishing new environment and produces many PhD and MSc students research work. I am very grateful of late Professor M.I. Israilov as my guidance and supervisor. I never forget him and remember him in my last minute of my life. Supplicating and making duo in my praying all the time.

Short reports in my publications dedicated to late Professor M.I. Israilov. In 2009 [19], new quadrature formulas (QFs) for evaluating the singular integral (SI) of Cauchy type with unbounded weight function on the edges is constructed. The construction of the QFs is based on the modification of discrete vortices method (MMDV) and linear spline interpolation over the finite interval  $[-1, 1]$ . It is proved that the constructed QFs converge for any singular point  $x$  not coinciding with the end points of the interval  $[-1, 1]$ . Numerical results are given to validate the accuracy of the QFs. The error bounds are found to be of order  $O(h^\alpha |\ln h|)$  and  $O(h |\ln h|)$  in the classes of functions  $H^\alpha([-1, 1])$  and  $C^1([-1, 1])$ , respectively. In 2010 [20-21], the singular integrals (SIs) with the Cauchy kernel is considered with different weights. New quadrature formulas (QFs) based on the modification of discrete vortex method to approximate SIs are constructed. Convergence of QFs and error bounds are shown in the classes of functions  $H^\alpha([-1, 1])$  and  $C^1([-1, 1])$ . Numerical examples are shown to validate the QFs constructed. In 2011 [22], new quadrature formulas (QFs) are presented to approximate the singular integrals (SIs) of Cauchy type for all solutions of characteristic SIE (1) on the interval  $[-1, 1]$ . Linear spline interpolation, modified discrete vortex method and product quadrature rule are utilized to construct the QFs. Error estimations are obtained in the classes of functions  $H^\alpha([-1, 1], A)$

and  $C^1([-1, 1])$ . It is found that the numerical results are very stable even for the cases of semi-bounded and unbounded solutions of singular integral equation of the first kind.

In 2011 [23], consider the following indefinite integrals

$$Q(h, x, y, c) = \int_x^y \rho(t) K(t, c) h(t) dt, \quad -1 \leq x, y \leq 1, c \in (-1, 1) \quad (8)$$

Chebyshev polynomial  $p_N(t)$  of the first kind of degree  $N$  is used for approximating  $h(t)$  function. The approximation  $p_N(t)$  yields an integration rule  $Q_N(f, x, y, c)$  to the integral  $Q(f, x, y, c)$  which is named automatic quadrature scheme (AQS). Interpolation conditions are imposed to determine the unknown coefficients of the Chebyshev polynomials  $p_N(t)$ . Convergence problem of the approximate method are discussed in the classes of function  $C^{N+1, \alpha}[-1, 1]$  and  $L_p^w[-1, 1]$ . Numerical results revealed that when the singular point  $c$  either lies in or outside the interval  $(x, y)$  or comes closer to the end points of the interval  $[-1, 1]$ , the proposed scheme gives a very good agreement with the exact solution.

## References

1. S. M. Belotserkovskii, I. K. Lifanov (1985) Numerical methods in singular integral equations. Moscow: Nauka, 254 p. (in Russian).
2. I. K. Lifanov, Singular Integral Equations and Discrete Vortices, VSP, Utrecht, The Netherlands, 1996 (In English).
3. S. M. Belotserkovskii, I. K. Lifanov (1992). Method of Discrete Vortices, CRC Press, 464p (In English).
4. I. K. Lifanov, The Method of Singular Equations and Numerical Experiments (Yanus, Moscow, 1995) [in Russian].
5. D. G. Sanikidze, K. R. Ninidze, Modified discrete vortex methods for the numerical solution of singular integral equations, Differential Equations, Vol. 36(9): (2000), 1406-1413 (In English).
6. M.I. Israilov, R. Dzhurakulov, Construction of weighted quadrature formulas for Cauchy type singular integrals using Hermitian splines. Questions of Computational and Applied Mathematics, issue 47, Tashkent, 1977, p. 3-15 (in Russian).
7. M.I. Israilov, T. Maksudov, On the approximate solution of singular integral equations by the iteration method, Questions of computational and applied mathematics, Tashkent, "FAN", issue 48, 1977, p. 20-28 (in Russian).
8. M.I. Israilov, R. Dzhurakulov, Construction of weighted cubature formulas for singular integrals using spline functions. University News, Mathematics, No. 9, volume 220, 1980, p. 7-12 (in Russian).
9. M.I. Israilov, Error estimation in some classes of singular integrals of a special form // Inferred Differential Equations and Inverse Problems. Tashkent: Fan. 1986. p. 236-258.
10. M.I. Israilov, A. Rakhmatov, On one cubature formula for a two-dimensional singular integral // DAN UzSSR, No. 6, Tashkent, 1986, p. 3-6 (in Russian).
11. M.I. Israilov, Approximate-analytical solution of singular integral equations of first kind using quadrature formula, in: Numerical Integration and Adjacent Problems, in: Collection of Articles of Academy Science of Republic of Uzbekistan, Press "FAN", Tashkent, 1990, pp. 7-23 (in Russian).
12. Israilov M.I., Shadimetov Kh.M. Weight optimal quadrature formulas for singular integrals of the Cauchy type. Doklady AN RUz 1991, 8, 10-11 (In Russian).
13. M.I. Israilov, Estimation of errors of quadrature formula for Cauchy type singular integrals of special forms. arXiv:1103.1034 [math.NA], doi.org/10.48550/arXiv.1103.1034, 2011. (in English)

14. Eshkuvatov Z.K. Modification of quadrature formulas of Belotserkovskiy for weight singular integrals. Uzb. Math. Journal. (1998). No 5, pp. 91-100. (In Russian)
15. Israilov M.I., Eshkuvatov Z.K. On a modification of discrete vortex method for approximate evaluation of weight singular integrals. Dokl. AN RUz, (1995). No 4, pp. 3-7. (In Russian)
16. Israilov M.I., Eshkuvatov Z.K. On an accuracy of discrete vortex method for evaluation of singular integrals. (1994). Dokl. AN RUz, No 6, pp. 3-7. (In Russian).
17. Eshkuvatov Z.K. Improvement of discrete vortex method for calculation singular integrals. Numerical experiments. (1994). Red. UzMJ, Tashkent, 1994, -16 pp. Dep. In GFNTI GKNT RUz. 14.03.94, N2034-Uz94. (In Russian).
18. Israilov M.I., Eshkuvatov Z.K. On a cubature formula for double singular integrals with the Cauchy kernel. "Proceedings of International conference on mathematics and its applications in the new millenium 2001, pp. 72-79 (Malaysia) (in English).
19. Z. K. Eshkuvatov, N.M.A. Nik, M. Abdulkawi. Quadrature formula for approximating the singular integral of Cauchy type with unbounded weight function on the edges. Journal of Computational and Applied Mathematics. Vol. 233(2), pp. 334-345, (2009). IF 1.048 (in English).
20. Z.K. Eshkuvatov, N.M.A. Nik Long, M. Abdulkawi, Numerical evaluation for Cauchy type singular integrals on the interval. Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 233, pp. 1995–2001, (2010). IF 1.176 (in English).
21. Z.K. Eshkuvatov, N.M.A. Nik Long, M. Abdulkawi, Numerical evaluation for Cauchy type singular integrals on the interval. Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 233, pp. 1995–2001, (2010). IF 1.176 (in English).
22. Z. K. Eshkuvatov, N.M.A. Nik Long. Approximating the singular integrals of Cauchy type with weight function on the interval. Journal of Computational and Applied Mathematics (J. Comp. and Appl. Math.). Vol. 235(16), 4742-4753, (2011). IF 1.292. (in English).
23. Z. K. Eshkuvatov, A. Ahmedov, N.M.A. Nik Long, N.J. Amalina. Approximating Cauchy type singular integral by an automatic quadrature scheme. Journal of Computational and Applied Mathematics (JCAM). Vol. 235(16), (2011), pp. 4675-4686. IF 1.292 (in English).

## **LYAPUNOV STABILITY OF AN UPWIND DIFFERENCE SCHEME FOR A QUASILINEAR HYPERBOLIC SYSTEM**

R. D. Aloev <sup>1,a)</sup>, Ilyani Abdullah <sup>2,b)</sup>, Shalela Mohd Mahali <sup>2,c)</sup>

<sup>1</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

<sup>2</sup>Universiti Malaysia Terengganu

Author Emails

a) aloevr@mail.ru, b) ilyani@umt.edu.my, c) shalela@umt.edu.my

The paper considers a mixed problem for a quasilinear system of hyperbolic equations in Riemann invariants with dissipative nonlinear boundary conditions. To numerically solve the mixed problem, an initial-boundary difference problem based on an upwind difference scheme is proposed. A discrete Lyapunov function is constructed for the numerical solution of the initial-boundary difference problem for both linear and nonlinear problems. A theorem on the exponential stability of the stationary state of a quasilinear system is proven.

*Statement of a quasilinear mixed problem.* In the region  $\bar{\omega} \triangleq \{(t, x) : 0 \leq t \leq T, 0 \leq x \leq L\}$  we consider a mixed problem for the following quasilinear hyperbolic system

$$\begin{cases} \xi_t + \varphi(\xi, \eta) \xi_x = 0, \\ \eta_t - \psi(\xi, \eta) \eta_x = 0, \end{cases} \quad 0 < t \leq T, 0 < x < L \quad (1)$$

with boundary conditions at  $x = 0, L$ :

$$\begin{cases} \xi(t,0) = a(\eta(t,0)), \\ \eta(t,L) = b(\xi(t,L)), \end{cases} \quad 0 < t \leq T, \quad (2)$$

and with initial data

$$\begin{cases} \xi(0,x) = \xi_0(x), \\ \eta(0,x) = \eta_0(x), \end{cases} \quad (3)$$

Here  $\xi = \xi(t,x)$ ,  $\eta = \eta(t,x)$ - are unknown functions to be determined, and  $\varphi = \varphi(\xi,\eta)$ ,  $\psi = \psi(\xi,\eta)$  - are given functions that have continuous derivatives up to the second order inclusive. We will assume that  $\varphi, \psi \in C^2(\mathbb{R})$ .

## INTRODUCTION TO CIRCULAR Q-RUNG ORTHOPAIR FUZZY SETS

B. Yusoff<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup>Special Interest Group on Modelling and Data Analytics,  
Faculty of Computer Science and Mathematics,  
Universiti Malaysia Terengganu, Malaysia.

Author Emails

<sup>a)</sup> binyamin@umt.edu.my

Circular intuitionistic fuzzy sets (CIFS) is a recent extension of intuitionistic fuzzy sets (IFS) designed to effectively handle imprecise membership values. However, its representation is confined to the space beneath the intuitionistic fuzzy interpretation triangle (IFIT), where the sum of membership and non-membership degrees is limited to one. To overcome this limitation, a new generalization of CIFS, called circular  $q$ -rung orthopair fuzzy sets ( $Cq$ -ROFS) is proposed. This extends the IFIT to cover a broader range of imprecision. Several relations and operations, including algebraic operations for  $Cq$ -ROFS, are introduced. Additionally, modal operators and their properties are investigated.

### Reference

1. B. Yusoff, A. Kilicman, D. Pratama, and R. Hasni. Circular  $q$ -rung orthopair fuzzy set and its algebraic properties, Malaysian Journal of Mathematical Sciences, Vol. 17, Issue 3, 2023, pp. 363–378. <https://doi.org/10.47836/mjms.17.3.08>. (ESCI, Scopus, Q4).
2. K. T. Atanassov. Circular intuitionistic fuzzy sets, Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, Vol. 39, Issue 5, 2020, pp. 5981–5986. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189072>. (Web of science, Q4).
3. R. R. Yager. Generalized orthopair fuzzy sets, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol. 25, Issue 5, 2017, pp. 1222–1230. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2016.2604005>. (Web of science, Q1).

## CAPUTO FRACTIONAL DIFFERENTIAL EQUATIONS FOR LOW-RISK INDIVIDUALS OF THE TUBERCULOSIS TRANSMISSION DISEASE

R. Nawaz<sup>a)</sup>, N. M. A. Nik Long<sup>b)</sup>,

*Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, Universiti Putra Malaysia, UPM, Serdang, 43400, Selangor, Malaysia*

Author Emails

<sup>a)</sup> nmasri@upm.edu.my (N. M. Nik Long)

<sup>b)</sup> rashiduop19@gmail.com (R. Nawaz)

In this article, the Caputo fractional order SEeEITGR model with low risk individuals of the tuberculosis is proposed. We investigate a qualitative analysis of the epidemic model via

positivity, existence and uniqueness, stability and threshold quantity. Conducting a sensitivity analysis and examining the dynamics of threshold parameters enable the assessment of the efficacy of preventive measures, prediction of future outbreaks, and the formulation of potential strategies for disease control. Numerical computations are executed using the Laplace Adomian decomposition method. The findings imply that the increment of low risk individuals can mitigate the prevalence and impact of tuberculosis on the human population in the respective region.

## SOLVING SYSTEM OF VOLTERRA INTEGRAL EQUATIONS OF THE FIRST AND SECOND KIND BY MODIFIED ADOMIAN DECOMPOSITION METHOD

Z. K. Eshkuvatov<sup>1,2,a)</sup>, N.M. Salimova<sup>2</sup>, M.O'.Xudoyberganov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Computer Science and Mathematics, University Malaysia Terengganu, Terengganu, Malaysia*

<sup>2</sup>*Faculty of Applied Mathematics and Intellectual Technologies, National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek. Tashkent, Uzbekistan*

Author Emails

a) zainidin@umt.edu.my, b) muxtorovnanafisasalimova007@gmail.com,  
c) m.hudayberganov@nuu.uz

Many problems from physics and other disciplines lead to linear and nonlinear system of integral equations. Several methods have been proposed as approximate solution of these integral equations. For instance, Adomian ([1], 1988) has developed a so-called decomposition method (ADM) for solving differential equations,

In this work, we consider system of linear and nonlinear Volterra integral equations (VIEs) of the first and second kind of the form

$$\int_a^x K(x,t)\bar{u}(t)dt = \bar{f}(x) \tag{1}$$

where

$$K(x,t) = \begin{bmatrix} k_{11}(x,t) & k_{12}(x,t) & \dots & k_{1N}(x,t) \\ k_{21}(x,t) & k_{22}(x,t) & \dots & k_{2N}(x,t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_{N1}(x,t) & k_{N2}(x,t) & \dots & k_{NN}(x,t) \end{bmatrix}, \quad \bar{u}(t) = \begin{bmatrix} u_1(t) \\ u_2(t) \\ \dots \\ u_N(t) \end{bmatrix}, \quad \bar{f}(t) = \begin{bmatrix} f_1(t) \\ f_2(t) \\ \dots \\ f_N(t) \end{bmatrix}$$

Eq. (5) cannot be solved by ADM. To solve it, we convert (5) into second kind of VIEs by differentiation

$$\int_a^x \frac{\partial K(x,t)}{\partial x} \bar{u}(t)dt + K(x,x)\bar{u}(x) = \bar{f}'(x) \tag{2}$$

Assuming the matrix  $K(x,t)$  is invertible then

$$\bar{u}(x) + \int_a^x G(x,t)\bar{u}(t)dt = \bar{g}(x) \tag{3}$$

where

$$G(x, t) = K^{-1}(x, x)K_x(x, t) = \left(G_{i,k}(x, t)\right)_{i,k=1}^N,$$

$$\bar{g}(x)^T = K^{-1}(x, x)\bar{f}'(x)^T = \left(g_1(x), g_2(x), \dots, g_N(x)\right)^T, \quad (4)$$

where “T” means transpose.

Our aim is to solve system of VIEs of the second kind (5) by ADM and MADM. To do so at first, we have converted system of VIEs of the first kind to an equation of the second kind by differentiation of transformation. Then standard Adomian decomposition method (ADM) and modified ADM (MADM) are used to find semi-analytical solution. The Adomian decomposition method converts Volterra integral equations of the second kind into determination of computable components of iterative integral equations. The uniqueness solutions of the system of nonlinear VIEs of the second kind are proved and the choice of the initial data is shown. It is practically shown that the obtained series by MADM convergence very rapidly to the exact solution. Finally, four examples were illustrated to show validity and applicability of this approach. The examples are taken from the works mentioned in the references

## Reference

1. A.V. Kabulov, A.J. Seytov, A.A. Kudaybergenov, Classification of mathematical models of unsteady water movement in the main canals of irrigation systems, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 7, Issue 4 , April 2020, ISSN: 2350-0328, India, pp. 13392- 13401.(№ 5, Web of science, IF=3,98).

## APPLICATION OF MONTE CARLO AND ASYNCHRONOUS METHODS IN SOLVING FINANCIAL PROBLEMS

A.S.Rasulov<sup>1,a)</sup>, G.M. Raimova<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup>*The University of World Economy and Diplomacy*

Author Emails

<sup>a)</sup> asrasulov@gmail.com, <sup>b)</sup> raimova27@gmail.com

When solving many applied problems of physics, biology, financial mathematics and other disciplines, it is often not possible to find their explicit solution. For this reason, there is a need to use approximate methods, after applying which the original problem often reduces to solving systems of equations of large dimension. Solving such tasks, due to their complexity, it is advisable to carry out on multiprocessor systems, which imposes certain restrictions on the class of algorithms used. Such algorithms must have the property of parallelism and effectively use the resources of computing systems. The algorithms, suitable for use on multiprocessor systems, can be divided into two types: synchronous and asynchronous. When using parallel algorithms, one way or another there is a need to coordinate the actions of processors. In the case of synchronous algorithms, this coordination is carried out by dividing the algorithm into stages common to all processors. At each stage the processors perform a number of operations, depending on the results of calculations on previous stages. The transition to the next stage is carried out only after, all processors have completed the operations assigned to them within the stage. Exchange of calculation results between processors, in other words synchronization, occurs at the end of the stage. Some processors can cope faster than others with those operations, that are assigned to them at the current stage, and as a result will, be idle, waiting for the completion of the stage.

Asynchronous algorithms do not have stages common to all processors, but have their own stages for each processor. The processors are allowed to compute faster and perform more iterations, than other processors can do. The fact, that such algorithms are efficient than previous one and have a potential advantage in speed, makes them the object of the research.



For example, in works Chazan, Miranker and Baudet asynchronous versions of the method of simple iterations for solving systems of equations were proposed.

The purpose of our work: To study the method of asynchronous iterations for problems that do not satisfy the sufficient convergence conditions specified in the works of Chazan and Baudet, constructing estimates of the Monte Carlo method for solving systems of equations using multiprocessor systems, studying the issues of their stochastic stability. Also constructing estimates of the Monte Carlo method with the property of asynchrony for solving high-dimensional boundary value problems in financial mathematics and application of the developed algorithms for the numerical solution of the problem of finding the price of European and an American option. In our works, provided sufficient conditions, under which asynchronous iterations converge to solve the problem, however, these conditions are quite restrictive, and, as was shown in our work, in some cases it will be possible to construct asynchronous algorithms, guaranteeing convergence even under weaker conditions.

## Reference

1. В.В. Nesterenko, V.A. Marchuk "Fundamentals of asynchronous methods for parallel computing", Kyiv Nauka Dumka 1989.
2. Baudet G.M. - Asynchronous Iterative Methods for Multiprocessors, J.Assoc.Comput.Mach.-1978.-25, N 2. P.226-244.
3. Bertsekas D.P., Tsitsiklis J.N., Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York 1989.
4. Chazan D., Miranker W., Chaotic relaxation, Linear Alg. its Appl. 1969, 2, 199-222.

УДК 519.853.6

## АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ЗАДАЧИ БИЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Маматов А.Р.

*Самаркандский государственный университет имени Ш. Рашидова*

*Самарканд, Узбекистан*

Электронная почта автора

akmm1964@rambler.ru

Билинейными называются специальные задачи нелинейного программирования с такими двумя группами переменных, в которых билинейная функция относительно этих переменных присутствует либо в целевой функции либо в ограничениях задачи и при фиксации значений каждой группе получается задача линейного программирования относительно другой группы переменных [1].

Рассматривается следующая задача билинейного программирования

$$f(x, y) = c'x + x'Ay + d'y \rightarrow \max_{x \in X, y \in Y} \quad (1)$$

Здесь

$$X = \{x | f_* \leq x \leq f^*\}, Y = \{y | g_* \leq y \leq g^*, By = b\}, \\ c, x, f_*, f^* \in R^n; d, y, g_*, g^* \in R^n; b \in R^m; A \in R^{n \times l}, \\ B \in R^{m \times l}, \text{rank} B = m < l.$$

Наряду с задачей (1) рассматривается максиминная задача

$$F(x) = \min_{(\mu, s, t) \in \Omega(x)} (c'x + b'\mu - g_*'s + g^*'t) \rightarrow \max_{x \in X}, \quad (2) \\ \Omega(x) = \{(\mu, s, t) | -A'x + B'\mu - s + t = d, s \geq 0, t \geq 0\}.$$

Задача (2) является линейной максиминной задачей со связанными переменными, в которой  $\forall x \in X, \Omega(x) \neq \emptyset$  [2].

Следуя [3-6] предлагается алгоритм решения задачи (2) и на ее основе определяется решение задачи (1). При этом основным инструментом исследования служит понятия опоры [1, 3, 4].

## Литература

1. Габасов Р., Кирилова Ф.М. Методы линейного программирования. Ч.3. Специальные задачи. – Минск: Изд-во БГУ, 1980. 368 с.
2. Маматов А.Р. Об одной игровой задаче со связанными переменными//ДАН РУз, 1993, N 7, с. 7 - 13.
3. Габасов Р., Кирилова Ф.М. Методы линейного программирования. Ч.1. Общие задачи. – Минск: Изд-во БГУ, 1980. 176 с.
4. Габасов Р., Кириллова Ф.М., Тятюшкин А. И. Конструктивные методы оптимизации. Ч.1. Линейные задачи.-Минск:Университетское.1984.
5. Маматов А.Р. Алгоритм решения одной игры двух лиц с передачей информации //Журнал вычислительной математики и математической физики, 2006, Т.46, №10, с. 1784-1789.
6. Маматов А.Р. Алгоритм решения одной игровой задачи со связанными переменными// Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2023. – № 2(47). – С. 150-159.

УДК 519.711

## О СХОДИМОСТИ МЕТОДА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ

Ч.Б. Нормуродов<sup>1,а)</sup>, Б.Ф. Абдурахимов<sup>2,б)</sup>, Н.Т. Джураева<sup>1,с)</sup>

<sup>1</sup>Термезский государственный университет, Термез, Узбекистан

<sup>2</sup>Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Электронная почта автора

<sup>а)</sup>ch.normurodov@gmail.com, <sup>б)</sup>a\_bakhtiyor@mail.ru, <sup>с)</sup>nasibajt@mail.ru

Проблема гидродинамической устойчивости для плоскопараллельных вязких течений описывается уравнением Орра-Зоммерфельда

$$\frac{1}{ik \operatorname{Re}} \left( \frac{d^4 \psi}{dy^4} - 2k^2 \frac{d^2 \psi}{dy^2} + k^4 \psi \right) - \left[ (U(y) - \lambda) D - \frac{d^2 U}{dy^2} \right] \psi = 0, \quad -1 < y < 1, \quad (1)$$

с однородными краевыми условиями

$$\psi(-1) = \frac{d\psi}{dy}(-1) = 0, \quad \psi(1) = \frac{d\psi}{dy}(1) = 0, \quad (2)$$

которые означают требования непроницаемости и прилипания. В уравнение (1)  $\lambda = \lambda_r + \lambda_i$  - собственные значения проблемы где  $\lambda_r$  - фазовая скорость,  $\lambda_i$  - коэффициент

нарастания,  $D = \frac{d^2}{dy^2} - k^2$  - дифференциальный оператор,  $y$ -координата направленная

поперек основного течения,  $k$ -волновое число,  $\operatorname{Re} = \frac{\rho V L}{\mu}$  -число Рейнольдса, где  $\rho$  -

плотность,  $\mu$  - вязкость,  $U$ ,  $L$ -характерная скорость и длина, соответственно,  $U(y)$ -

профиль скорости основного течения,  $\psi(\eta)$  - амплитуда функции тока для возмущений. Если  $\lambda_i > 0$ , то рассматриваемое основное течение  $U(y)$  неустойчиво, если  $\lambda_i < 0$ , то оно устойчиво. Если же  $\lambda_i = 0$ , колебания нейтрально устойчивы.

Обзор по методам решения проблемы (1)-(2) изложена в [1], где приведены и сравнены алгоритмы для трех методов: спектральный, спектрально-сеточный, метод предварительного интегрирования.

В данной работе приводятся результаты исследований, иллюстрирующие сходимость метода предварительного интегрирования для проблемы

гидродинамической устойчивости (1)- (2). Для этого уравнение (1) перепишем в виде следующем виде:

$$L^\lambda \psi = \frac{d^4 \psi}{dy^4} + \left( k^4 \psi - 2k^2 \frac{d^2 \psi}{dy^2} - U(y) \cdot D\psi + \frac{d^2 U}{dy^2} \psi \right) - \lambda \left( k^4 \psi - \frac{d^2 \psi}{dy^2} \right) = 0. \quad (3)$$

Уравнение (3) рассматривается с однородными краевыми условиями (2). Будем предполагать, что задача (3), (2) при  $\lambda = 0$  имеет только тривиальное решение. Это требование обеспечивает существование функции Грина для оператора  $L^\lambda$  с краевыми условиями (2). Задача (3), (2) с помощью введения обозначения  $x(y) = \frac{d^4 \psi}{dy^4}$

сводится к операторному уравнению второго рода

$$(E + T)x = \lambda \bar{T}x, \quad x = \lambda (E + T)^{-1} \bar{T}x \quad (4)$$

где  $\psi(y)$  - решение дифференциальной задачи (3), (2), тогда

$$\psi(y) = \int_{-1}^1 F(y, \xi) x(\xi) d\xi.$$

Операторы  $T_x$  и  $\bar{T}_x$  определяются в виде [2-5]:

$$T_x = \int_{-1}^1 T(y, \xi) x(\xi) d(\xi), \quad \bar{T}_x = \int_{-1}^1 \bar{T}(y, \xi) x(\xi) d\xi.$$

В методе предварительного интегрирования [6] старшей производной задачи (3), (2) ищется в виде конечного ряда по полиномам Чебышева первого рода:

$$\frac{d^4 \psi}{dy^4} = \sum_{i=0}^N a_i T_i(x) \quad (5)$$

где  $a_i$  неизвестные коэффициенты разложения,  $T_i(x)$  - полиномы Чебышева  $i$ -го порядка. В рассматриваемом методе до решения задачи (3), (2) ряд (5) предварительно четырехкратно интегрируется и находятся выражения для всех низших производных и искомого решения  $\psi(y)$ . При интегрировании ряда (5) появляются четыре неизвестные константы интегрирования, выражения для них определяются из краевых условий (2). Лишь после этого выражения для решения и нужных производных ставятся в дифференциальное уравнение (3) и требуется удовлетворения условия ортогональности невязки  $L^{\lambda_N} \psi(y)$  к полиномам Чебышева до номера  $N$ :

$$\int_{-1}^1 L^{\lambda_N} \psi(y) T_k(y) \rho(y) dy = 0, \quad k = 0, 1, 2, \dots, N \quad (6)$$

где  $\rho(y) = \frac{1}{\sqrt{1-y^2}}$ ,  $L^{\lambda_N}$  - дискретный оператор, полученный методом

предварительного интегрирования. Дискретное уравнение (6) также записывается в виде операторного уравнения второго рода

$$x^{(N)} = \lambda^{(N)} F_N x^{(N)}, \quad \text{где} \quad F_N = (E + P_p T)^{-1} \cdot \bar{T} \quad (7)$$

$P_p : L_{2,\rho}^{(N)} \rightarrow L_{2,\rho}^{(N)}$  - оператор проектирования.

Затем, доказывается следующая теорема о сходимости приближенных собственных значений  $\lambda^{(N)}$  уравнение (7) к точным собственным значениям  $\lambda_0$  уравнение (4).

Теорема. Пусть коэффициенты уравнения (1) принадлежат к классу  $C^{s+\alpha}$ ,  $0 \leq \alpha \leq 1$ . Пусть далее  $\lambda^{(N)} \rightarrow \lambda_0$  при  $N \rightarrow \infty$ , где  $\lambda^{(N)}$ ,  $\lambda_0$  - собственные значения задач (4) и (7) соответственно, причем  $\lambda_0$  имеет ранг  $r$ . Тогда справедлива оценка

$$|\lambda^{(N)} - \lambda_0| \leq C \left[ \left( \frac{2}{N} \right)^{s+\alpha} \right]^{1/r}$$

где  $C$  константа,  $S$ ,  $\alpha$  определяются из условия Липшица, т.е.

$$|f^{(s)}(x_1) - f^{(s)}(x_2)| \leq M |x_1 - x_2|^\alpha.$$

## Литература

1. Нормуродов Ч.Б., Джураева Н.Т. Обзор по методам решения проблемы гидродинамической устойчивости, Проблемы вычислительной и прикладной математики, 2022, Ташкент, С.77-90. №1(38).
2. Нармурадов Ч.Б., Подгаев А.Г. Сходимость проекционно-сеточного галеркинского метода, Моделирование в механике, 1989, Новосибирск, С.113-130. №4(3).
3. Нармурадов Ч.Б., Подгаев А.Г. Численный метод решения задач для обыкновенных дифференциальных уравнений на основе неоднородной сплайн – аппроксимации, Применение методов функционального анализа к неклассическим уравнениям математической физики, Сб. науч. Тр. Инс-т. Матем. СО РАН, 1989, Новосибирск, С. 151-164.
4. Нармурадов Ч.Б., Подгаев А.Г. Сходимость спектрально-сеточного метода, Узбекский математический журнал, 2003, Ташкент, С.64-71. №2.
5. Абуталиев Ф.Б., Нармурадов Ч.Б. Математическое моделирование проблемы гидродинамической устойчивости, 2011, Ташкент: “Fan va texnologiya”, 188 с.
6. Normurodov Ch.B., Abdurakhimov V.F., Djurayeva N.T., K.K. Viswanathan., D.Saravanan. Application of the preliminary integration method for numerical simulation of two-phase hydrodynamic flows, Eur. Chem. Bull. 12(Special Issue 7), June 2023, ISSN: 2063-5346, Hungary, pp. 959-968. №12.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГО-МЕДИЦИНСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕТОДАМИ БИФУРКАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ В КОНЕЧНО РАЗНОСТНЫХ ДИСКРЕТНЫХ СИСТЕМАХ

А.С.Солеев<sup>а)</sup>, И.Г. Розет<sup>б)</sup>, Я. Мухтаров<sup>в)</sup>

*Самарканский государственный университет имени Шарофа Рашидова,  
город Самарканд Республика Узбекистан*

Электронная почта автора

<sup>а)</sup> asoleev@yandex.ru, <sup>б)</sup> isayrozet45@gmail.com, <sup>в)</sup> ya-muxtarov@rambler.ru

Режимы стохастики и хаоса допускаются в нелинейных системах «реакция-диффузия», описывающих химико-реактивные, астрофизические, тепловые, термоядерные, плазменные, эпидемиологические и демографические процессы. В работе рассматриваются эколого-медицинские системы, являющиеся непрерывными, но исследованными в виде дискретных систем на ЭВМ с использованием конечно-разностных методов. Даются условия существования режимов стохастики в некоторых эколого - медицинских моделях.

Эколого - медицинские системы характеризуются выявлением их основных видов, причем не обязательно – одного, т.к. могут быть отнесены сразу к нескольким. Такими видами, в первую очередь, относятся автономность и неавтономность систем, их непрерывность и дискретность. В случаях, когда исследования основаны на

эмпирических данных с обработкой которых используется современные компьютерные системы, область пространственных аргументов разбивается дискретным множеством точек и это всё приводит к разбиению системы на два класса: непрерывных и дискретных.

Из цикла работ Марчука, основанных на результатах вычислительных экспериментов с применением ЭВМ и анализе графиков решений изучаемых динамических систем, составленных по результатам таких экспериментов (модели §2.2 и §2.8 из [1]) следует, что в них имеют место периодические по времени  $t$  автоколебания. В этой работе, а также в работе [10] рассматриваются эколого-медицинские системы, являющиеся непрерывными по  $t$ , но исследованными в виде дискретных систем на ЭВМ с использованием конечно-разностных методов. В работах [1] групп Марчука и Базыкина [4] режимы стохастичности [5, главы 9,12], [6, главы 1,4] не упоминались и не были исследованы.

Нами рассмотрена базовая модель из [1, §2.2], описывающая хронические заболевания, и [1, §2.8] модель гематомы. Модель §2.2 исследуем в фазовых пространствах  $\{C, F\}$  и  $\{C, F, t\}$ , где  $t$  – время,  $C$  – количество плазматических клеток,  $F$  – количество антител в клетках, а при  $\tau = 0$  запаздывание отсутствует. Эта модель системы уравнений задаёт подсистему при новых переменных  $\{C^1, F^1, v^1\}$ , имеющую вид в новых параметрах:

$$\left. \frac{dC^1}{dt} = -\mu_c \cdot C^1 + \alpha F^1 v^1, \frac{dF^1}{dt} = -\mu_f \cdot F^1 + \rho C^1 - \eta F^1 v^1 \right\} \quad (1)$$

основанная на модели (2.1.11) [1], в которой  $\alpha, \eta, \rho, \mu_c, \mu_f$  бифурцирующие параметры,  $v^1$  – переменная связанная с наличием антигенов под действием клеток «памяти» подверженных периодическим возмущениям, которые отсутствуют при  $\alpha = \eta = 0$ , за счёт членов  $F^1 v^1$ , являющихся старшими, (1) – нелинейная. Тогда возникают три сценария бифуркаций:

1) при наличии только малых периодических по времени возмущений стохастика возникает внутри области пространства Пуанкаре  $P_\infty$  [2,3,9];

2) при наличии бифуркаций, удовлетворяющих достаточным, а также  $\alpha = -\eta$  условиям существования особого типа экватора пространства Пуанкаре  $P_\infty$  [2], стохастика возникает в области  $P_\infty$  содержащий экватор Пуанкаре;

3) при совокупном выполнении сценариев – одновременно внутри и вне  $P_\infty$ .

В модели гематомы ([1, §2.8]), фазовые переменные которой являющееся автономной и без запаздывания временного аргумента  $t - \tau$ :

$$\left. \frac{dT}{dt} = aW - bWT - \alpha(T - T^*), \frac{dW}{dt} = -cWT \right\}, \quad (2)$$

где  $a, b, \alpha, T^*$  – коэффициенты и бифуркация происходит при условиях:  $b = 0$ .

В системе  $W$  – количество перерождённой крови,  $T$  – количество чужой крови.

Поскольку для обоих уравнений системы выполняются условия особого типа [3] экватора Пуанкаре, то режим стохастичности образуется в области  $P_\infty$ , а поскольку при введении внешних малых периодических возмущений, то и режим стохастичности возникает вне  $P_\infty$ . Если же имеют место два этих сценария в совокупности, то – одновременно внутри и вне  $P_\infty$ . Таким образом, модель гематомы ведёт себя во многом аналогично модели хронического заболевания в плане образования стохастичности.

Рассмотрим также дискретную систему

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial x_i}{\partial t} &= f^1(x_i, y_i, r_i) + dx(x_{i-1} - 2x_i + x_{i+1}), \\ \frac{\partial y_i}{\partial t} &= f^2(x_i, y_i, r_i) + dy(y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1}) \end{aligned} \right\}, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (3)$$

где  $x_i = x(r_i, t)$ ,  $y_i = y(r_i, t)$ ,  $r_i = ih$ ,  $dx = \frac{D_x}{h^2}$ ,  $dy = \frac{D_y}{h^2}$ ,  $h = \frac{l}{n}$  в  $l < \infty$  и  $f^{1,2}$  непрерывные по своим переменным функции.

В случае диффузионных экологических систем каждые подсистемы системы (3) при конкретном  $i$  можно принять [7] модели динамики в отдельных элементарных объемах, взаимодействие которых зависит от  $f^{1,2}$  с полным внутренним перемешиванием внутри каждого объема когда существует диффузия в случае миграции между соседними объемами. для системы (3). Возможна миграционная интерпретация, используемая также для социальных систем. Для системы (3) с наличием периодических движений в области  $G$  применим метод Эйлера:

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_{i-1} + h \cdot f^1(x_{i-1}, y_{i-1}, r_{i-1}), \\ y_i &= y_{i-1} + h \cdot f^2(x_{i-1}, y_{i-1}, r_{i-1}) \end{aligned} \right\}, \quad i = \overline{1, n}$$

то есть вычислим на слое  $[x_0, x_1], [y_0, y_1]$  при первом шаге  $h$  значения  $f^1(x, y, r)$ ,  $f^2(x, y, r)$ . Продолжая далее, придем к их вычислению на последнем слое  $[x_n, x_{n-1}], [y_n, y_{n-1}]$ .

Тогда:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= x_0 + h \cdot f^1(x_0, y_0, r_0), \\ y_1 &= y_0 + h \cdot f^2(x_0, y_0, r_0) \end{aligned} \right\}, \left. \begin{aligned} x_n &= x_{n-1} + h \cdot f^1(x_{n-1}, y_{n-1}, r_{n-1}), \\ y_n &= y_{n-1} + h \cdot f^2(x_{n-1}, y_{n-1}, r_{n-1}) \end{aligned} \right\}.$$

Заметим, что в [8] приведены численные результаты, реализованные на ЭВМ.

## Литература

1. Марчук Г.И. Избранные труды. Том 4. Математическое моделирование в иммунологии и медицине. Москва, РАН, «Институт Вычислительной Математики», 2018.
2. Poincaré A. On the curves determined by the differential equations // Journ. de Mathematiques. - v.7, 1881; 8, 1882; 1, 1885; 2, 1886.
3. Куклес И.С., Латипов Х. Р. Особый тип для бесконечно удаленных особых точек. // Труды СамГУ, Новая серия - вып. # 119. - Самарканд, 1962.
4. Базыкин А.Д. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М: Наука, 1985.
5. Хакен Г. Синергетика. М: Мир, 1980.
6. Хакен Г. Синергетика. Иерархии в самоорганизующихся системах и устройствах. М: Мир, 1985.
7. Rozet I. G., Filinykh V.V., Space-Time structures in discrete modeled of Biological Systems. // SAMS, vol.12, - USA, 1985.
8. Розет И.Г. О замыкании сепаратрис одного дифференциального уравнения первого порядка. // Дифференцированные уравнения. - т. VII, №10. - 1971.
9. Солеев А.С., Розет И.Г., Мухтаров Я. Режимы стохастичности в некоторых моделях теплопроводности и самоорганизации при периодических возмущениях. // Научный

вестник Самаркандского унив. Серия точные и естественные науки. - №1/1(143). - Самарканд, 2024.

10. Buriyev T.I., Rozet I.G. and Filinykh V.V. Stochasticity in a predator - prey system under periodic environmental fluctuations. // Chinese Journal of Biomathematics. - Vol.5, # 1. – China, 1990.

## **HYBRID METHOD FOR BOUNDED AND UNBOUNDED SOLUTION OF THE SYSTEM OF CAUCHY-TYPE SINGULAR INTEGRAL EQUATIONS OF THE FIRST KIND**

H.Mamatova <sup>1,a)</sup>, Z.K. Eshkuvatov <sup>1,2,b)</sup>, Sh. Ismail <sup>3,c)</sup>

<sup>1</sup>*Faculty of Computer Science and Mathematics, University Malaysia Terengganu (UMT), Kuala Terengganu, Malaysia*

<sup>2</sup>*Faculty of Applied Mathematics and Intellectual Technologies, National University of Uzbekistan (NUUZ), Tashkent, Uzbekistan*

<sup>3</sup>*Faculty of Science and Technology, University Sains Islam Malaysia (USIM), Negeri Sembilan, Malaysia*

Author Emails

a) hmx2605@gmail.com, b) zainidin@umt.edu.my, c) shahrinaismail@usim.edu.my

In this note, we have developed the hybrid method as a semi-analytical solution for the bounded and unbounded solutions of first kind system of Cauchy-type singular integral equations (CSIEs) with constant coefficients. Before applying homotopy perturbation method (HPM), we have to first reduce the system of CSIEs into a triangle system of algebraic equations using Gauss elimination method (GEM), then carried out using HPM. Using the theory of the bounded and unbounded solutions of CSIEs, we are able to find inverse operators for the system of CSIEs of the first kind. The proposed method is proven to be exact for the system of characteristic SIEs [1], in the case of bounded and unbounded solution for any type of initial guess. Two examples are provided and analysed to demonstrate the validity and accuracy of the proposed method. Obtained results are compared with the Chebyshev collocation method [3-4]. Numerical results revealed that the hybrid method dominates others.

The application of HPM and MHPM is demonstrated for the system of the singular integral equation of the first kind given by

$$\sum_{j=1}^M \left[ \frac{a_{ij}}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{u_j(\tau) d\tau}{\tau-t} + \frac{b_{ij}}{\pi} \int_{-1}^1 K_{ij}(t, \tau) u_j(\tau) d\tau \right] = f_i(t), \quad i=1, \dots, M, \quad -1 < t < 1, \quad (2)$$

where  $A=(a_{i,j})$  and  $B=(b_{i,j})$  are given constant matrices with  $\det(A) \neq 0$ ,  $\det(B) \neq 0$ , the forcing functions  $f_i(t)$  and kernels  $K_{i,j}$  are all known to be real-valued or complex-valued continuous functions and  $u_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, M$  are unknown functions to be determined.

### **Reference**

1. Lifanov, I.K. Singular Integral Equations and Discrete Vortices; VSP BV, 1996.
2. Abbasbandy, S. Application of He's Homotopy Perturbation Method to Functional Integral Equations. Chaos, Solitons and Fractals 2007, 31, 1243–1247, doi:<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2005.10.069>.
3. Turhan, İ.; Oğuz, H.; Yusufoglu, E. Chebyshev Polynomial Solution of the System of Cauchy-Type Singular Integral Equations of the First Kind. Int. J. Comput. Math. 2013, 90, 944–954, doi:10.1080/00207160.2012.738811
4. Ahdiaghdam, S.; Shahmorad, S. Approximate Solution of a System of Singular Integral Equations of the First Kind by Using Chebyshev Polynomials. Iran. J. Numer. Anal. Optim. 2019, 9, 31–47, doi:10.22067/ijnao.v9i2.73724.

# GIPERBOLIK SISTEMA UCHUN QO‘YILGAN CHEGARAVIY BOSHQARISH MASALASI UCHUN OSHKORMAS AYIRMALI SXEMASI TURG‘UNLIGINI TADQIQ ETISH

R.D.Aloyev<sup>1,a)</sup>, M.X.Ovlayeva<sup>1,b)</sup>, D.Z.Egamberdiyeva<sup>1,d)</sup>

<sup>1</sup>Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O‘zbekiston;

Mualliflar elektron pochatasi

<sup>a)</sup>aloevr@mail.ru, <sup>b)</sup>mohinur1009@gmail.com, <sup>d)</sup>egamberdiyevadilorom553@gmail.com

Ushbu ishda giperbolik sistemalar uchun oshkormas sxemasining eksponensial turg‘unligi isbotlanadi.. Chegaraviy shartlarga ega bo‘lgan bir o‘lchovli chiziqli simmetrik t-giperbolik sistema uchun qo‘yilgan aralash masala uchun oqimga qarshi oshkormas ayirmali sxemaning (Lyapunov ma’nosida) eksponensial turg‘unligini tadqiq qilish usullari o‘rganilgan. Tadqiqot Lyapunov funksiyasini qurishga asoslangan. Bundan tashqari eksponensial turg‘unlik uchun etarililik sharti olingan

*Masalaning qo‘yilishi.*

$$\frac{\partial v}{\partial t} + K(x) \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

ko‘rinishdagi chiziqli simmetrik t-giperbolik sistema berilgan bo‘lib

$K(x) \triangleq \text{diag} \{K^+(x), -K^-(x)\}$  diogonal matritsa, ya’ni

$$\begin{aligned} K^+(x) &= \text{diag} \{a_1(x), \dots, a_m(x)\}, \\ K^-(x) &= \text{diag} \{a_{m+1}(x), \dots, a_n(x)\}, \end{aligned} \quad a_i(x) > 0 \quad \forall i, \quad \forall x \in [0, l].$$

Asosiy masala

$$x = 0 : v^I = sv^{\text{II}}, \quad t \in [0, +\infty) \quad \text{yoki} \quad x = l : v^{\text{II}} = rv^I, \quad t \in [0, +\infty)$$

kanonik shakldagi chiziqli chegaraviy shartlari bilan (1) eksponensial turg‘unligini sonli tahlil qilishdir.

Boshlang‘ich shart quyidagicha berilgan:  $v(x, 0) = v_0(x)$ ,  $x \in (0, l)$ .

Bu erda  $v^I = (v_1, v_2, \dots, v_m)^T$ ,  $v^{\text{II}} = (v_{m+1}, v_{m+2}, \dots, v_n)^T$ ,  $s$  -  $m \times (n - m)$  o‘lchamli to‘rburchak matritsa,  $r$  -  $(n - m) \times m$  o‘lchamli to‘rburchak matritsa.

Ushbu qo‘yilgan aralash masalani sonli echish  $G = \{(t, x) : 0 \leq t \leq T, 0 \leq x \in l\}$  sohada  $(v_i)_j^\kappa = v_i(t^\kappa, x_j)$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;  $\kappa = 0, \dots, K$ ;  $j = 0, \dots, J$  noma’lum funksiyani tugun nuqtalardagi qiymatlarini topish uchun quyidagi oshkormas ayirmali sxemani taklif qilamiz:

$$\begin{cases} (v_i)_j^{\kappa+1} = (v_i)_j^\kappa - (a_i)_j \frac{\Delta t}{\Delta x} [(v_i)_j^{\kappa+1} - (v_i)_{j-1}^{\kappa+1}], & i = \overline{1, m}; \\ (v_i)_j^{\kappa+1} = (v_i)_j^\kappa - (a_i)_j \frac{\Delta t}{\Delta x} [(v_i)_j^{\kappa+1} - (v_i)_{j+1}^{\kappa+1}], & i = \overline{m+1, n}; \end{cases} \quad (2)$$

$$j = \overline{1, J-1}; \quad \kappa = \overline{0, K-1}.$$

Chegaraviy shartlar quyidagicha aproksimatsiya qilingan:

$$\begin{cases} (v^I)_0^{\kappa+1} = s(v^{\text{II}})_1^{\kappa+1}, \\ (v^{\text{II}})_J^{\kappa+1} = r(v^I)_{J-1}^{\kappa+1}, \end{cases} \quad \kappa = \overline{0, K-1}. \quad (3)$$

Boshlang‘ich shart quyidagicha appriksimatsiya qilingan.



$$(v_i)_j^0 = (\varphi_i)_j, \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{0, J}. \quad (4)$$

(2)-(4) boshlang'ich-chegaraviy ayirmali masalaning eksponensial turg'unligi isbotlanadi. Isbotlash jarayoni diskret Lyapunov funksiyasini qurishga asoslangan.

### Adabiyotlar

1. Morton K.W., Mayers D.F., Numerical Solution of Partial differential equations., Cambridge university press, 2005.
2. Aloyev R.D., Blokhin A.M., Hudayberganov M.U., «One Class of Stable Difference Schemes for Hyperbolic System,» *American Journal of Numerical Analysis*, т. 2, № 3, pp. 85-89, 2014.

## DINAMIK CHEGARAVIY SHARTLARIGA EGA IKKI O'LCHOVLI GIPERBOLIK SISTEMA UCHUN OSHKORMAS AYIRMALI SXEMANI QURISH, TURG'UNLIGINI TEKSHIRISH

R.D.Aloyev<sup>1,a)</sup>, M.X.Ovlayeva<sup>1,b)</sup>, N.G'.Fattoyeva<sup>1,d)</sup>

<sup>1</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

Muallif elektron pochta

<sup>a)</sup>aloevr@mail.ru, <sup>b)</sup>mohinur1009@gmail.com, <sup>d)</sup>fattoyevanodira543.com@gmail.com

Ushbu ishda dinamik chegaraviy shartlar bilan boshqariladigan ikki o'lchovli giperbolik sistema uchun aralash masala qo'yiladi. Keltirilgan aralash masalaning eksponensial turg'unligi va  $l^2$ -norma uchun Lyapunov funksiyasining ta'riflari beriladi.

Qo'yilgan aralash masala uchun parchalanish metodining eksponensial turg'unligi isbotlanadi.

Masalani echishda chiziqli balans qonunlari giperbolik sistemasi keltiriladi. Chegaraviy shartlar kanonik shaklda bo'lgan chiziqli balans qonunlari giperbolik sistemasi uchun aralash masala qo'yiladi. Lyapunovning eksponensial turg'unligining tarifi keltiriladi.

Giperbolik sistemalar uchun parchalanish metodining eksponensial turg'unligi isbotlanadi. Parchalanish metodida, pastgi qatlamdan yuqori qatlamga o'tishni ikki yordamchi bosqichlarga bo'lib va har bir bosqichda dastlabki tenglamalardan approksimatsiya xossasini majburiy bajarilishini va turg'unligini talab etmasdan tejamkor ayirmali sxema qurishga muvaffaq bo'lingan. Chegaraviy shartlarga ega bo'lgan ikki o'lchovli chiziqli simmetrik t-giperbolik sistema uchun qo'yilgan aralash masala uchun oqimga qarshi o'zgaruvchilar yo'nalishlari bo'yicha parchalanuvchi oshkor-oshkormas ayirmali sxemaning (Lyapunov ma'nosida) eksponensial turg'unligini tadqiq qilish usullari o'rganilgan.

Aralash masala uchun Lyapunov funksiyasi quriladi. Muayyan algebraik matritsaviy tengsizlik bajarilganda, masalaning  $L^2$  fazodagi normasining nolga intilishi ko'rsatiladi. Misol sifatida porshenli oqimga ega bo'lgan ekzotermik reaktor boshqarish matematik modeli misol sifatida keltiriladi.

O'zgarmas koeffitsient chiziqli balans qonunlari giperbolik sistemasi uchun qo'yilgan aralash masalaning sonli echimning Lyapunov manositidagi turg'unligi haqidagi teorema kelitiriladi va isbotlanadi. Lyapunov manositidagi turg'unlik haqidagi teorema ochiq kanallarda suv harakati Saint-Venant-Exner chiziqli modeliga qo'llaniladi.

Bunda quyidagi vazifalarni bajarish lozim:

- pastgi qatlamdan yuqori qatlamga o'tishni ikki yordamchi bosqichlarga bo'lib va har bir bosqichda dastlabki tenglamalardan approksimatsiya xossasini majburiy bajarilishini va turg'unligini talab etmasdan tejamkor ayirmali sxema qurishga muvaffaq bo'lish;

- Lyapunov turg'unlik nazariyasiga tayanib oqimga qarshi fazoviy o'zgaruvchilariga nisbatan parchalanish ayirmali sxema sonli echimini eksponensial turg'unligi haqidagi teoremani isbotlash va boshlang'ich-chegaraviy ayirmali masala sonli echimi uchun

Lyapunovni diskret funksiyasini qurish. Sonli echimni eksponensial turg'unligi uchun etarli algebraik shartlarni hosil qilish;

- boshlang'ich funksiyalari va chegaraviy shartlaridagi boshqarish funksiyalari orqali sonli echimni baholashga imkon beruvchi boshlang'ich-chegaraviy ayirmali masala sonli echimi uchun aprior baho olish va buni oqibatida sonli echimni chegaraviy shartlardagi boshqarish funksiyalariga uzluksiz bog'liqligini tasdiqlash.

Dinamik chegaraviy shartlarga ega bo'lgan ikki o'lchovli chiziqli simmetrik t-giperbolik sistema uchun qo'yilgan aralash masala uchun yo'nalishlari bo'yicha parchalanuvchi oshkor-oshkormas ayirmali sxema quriladi va uning Lyapunov ma'nosida turg'unlik yondashuvidan foydalanib eksponensial turg'unligi isbotlanadi.

## **EXPONENTIAL STABILITY OF A NUMERICAL SOLUTION OF A HYPERBOLIC SYSTEM WITH NEGATIVE NONLOCAL CHARACTERISTIC VELOCITIES**

R. D. Alov <sup>1,a)</sup>, V.B.Alimova <sup>2,b)</sup>

<sup>1,2</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek.

Author Emails

<sup>a)</sup> aloevr@mail.ru, <sup>b)</sup>vasilarobiyaxon@gmail.com

In this paper, we study the problem of stabilizing the equilibrium state for a hyperbolic system with negative nonlocal characteristic velocities and measurement error. The formulation of a mixed boundary control problem for the indicated hyperbolic system is given. The stability in the  $\ell^2$  – norm with respect to a discrete perturbation of the equilibrium state of an initial-boundary difference problem is determined. A discrete Lyapunov function is constructed and a stability theorem for the equilibrium state of an initial-boundary difference problem in the  $\ell^2$  – norm with respect to a discrete perturbation is proven.

*Statement of a mixed problem.* Consider the following symmetric  $t$  – hyperbolic system:

$$\frac{\partial U}{\partial t} - M(A(t)) \frac{\partial U}{\partial x} = 0, \quad t \in [0, +\infty), \quad x \in [0, 1], \quad (1)$$

where

$$M(A(t)) \triangleq \text{diag} \left( {}_1\mu({}_1a(t)), {}_2\mu({}_2a(t)), \dots, {}_n\mu({}_na(t)) \right),$$

$$U \triangleq ({}_1u, {}_2u, \dots, {}_nu)^T, \quad A(t) \triangleq ({}_1a(t), {}_2a(t), \dots, {}_na(t))^T,$$

${}_i\mu(s)$  - some specified functions.

Here the characteristic velocities  $M(A(t))$  depend on the integral of the unknown vector function  $U(t, x)$  over the entire region  $[0, 1]$

$$A(t) = \int_0^1 U(t, x) dx, \quad t \in (0, +\infty) \quad (2)$$

or component by component

$${}_ia(t) = \int_0^1 {}_iu dx, \quad i = \overline{1, n}.$$

Initial conditions for system (1):

$$U(0, x) = \Phi(x), \quad x \in [0, 1]. \quad (3)$$

Where  $\Phi(x) \triangleq ({}_1\varphi(x), {}_2\varphi(x), \dots, {}_n\varphi(x))^T$  - given initial vector function.

In this work, we limit ourselves to the case when the functions of characteristic velocities are negative, i.e.  $M(A(t)) > 0$ . In this case, it is known from the theory of hyperbolic systems that boundary conditions for system (1) are required only on the right boundary, at  $x=1$ :

$$-M(A(t))U(t,1) = V(t), \quad (4)$$

where  $\mathbf{V}(t) \triangleq ({}_1V(t), {}_2V(t), \dots, {}_nV(t))^T$  - vector function controller. From works [1] and [2] it follows that with an appropriate choice it is possible to prove the correctness of the formulation of the mixed problem (1)-(4).

## Reference

1. *Coron, J.M., Wang, Z.* Output Feedback Stabilization for a Scalar Conservation Law with a Nonlocal Velocity *SIAM J. Math. Anal.* 45, – 2013. – P. 2646–2665, doi:10.1137/120902203.
2. *Chen, W., Liu, C., Wang, Z.* Global Feedback Stabilization for a Class of Nonlocal Transport Equations: The Continuous and Discrete Case // *SIAM J. Control Optim.* – 2017. – Vol.55. – P. 760-784. – doi: <http://dx.doi.org/10.1137/15m1048914>.
3. *Gottlich S., Herty M., Weldegiyorgis G.* Input-to-State Stability of a Scalar Conservation Law with Nonlocal Velocity // *Axioms.* – 2021. – Vol. 10, No. 12. – doi: <http://dx.doi.org/10.3390/axioms10010012>.
4. *Coron J.M., Kawski M. Wang Z.* Analysis of a conservation law modeling a highly reentrant manufacturing system // *Discret. Contin. Dyn. Syst. Ser. B.* – 2010. – Vol. 14. – P. 1337-1359. – doi: <http://dx.doi.org/10.3934/dcdsb.2010.14.1337>.
5. *Tanwani A., Prieur C., Tarbouriech S.* Stabilization of linear hyperbolic systems of balance laws with measurement errors // *Control Subject to Computational and Communication Constraints.* Vol. 475. – Cham: Springer, 2018. – P. 357-374.

## FUNKSIYALARNI INTERPOLYATSIYALASH MASALASI. SPLAYN FUNKSIYALARNI KLASSIK INTERPOLYATSION KO‘PXADLARDAN AFZALLIGI

J.S.Qurbonov

*Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy Universiteti (magistrant)*

Muallif elektron pochta

[qurbonovjaloliddin2@gmail.com](mailto:qurbonovjaloliddin2@gmail.com)

Qaralayotgan klassik interpolyatsion ko‘phadlarning darajasi tugun nuqtalar soniga bog‘liq, tugun nuqtalar soni oshishi bilan ko‘phadning darajasi oshib boradi va ko‘phad koeffitsientlarini aniqlash uchun yuqori tartibli algebraik tenglamalar sistemasini echishga to‘g‘ri keladi. Tuzilgan algebraik tenglamalar sistemasining soni tugun nuqtalarga bog‘liq ekan, tugun nuqtalar oshishi bilan algebraik tenglamalar sistemasining tartibi ham oshib ketadi. Natijada klassik interpolyatsion ko‘phadlar qurilishida ko‘plab kamchiliklar kuzatish mumkin

Funksiyaning analitik ko‘rinishini tiklashda splayn funksiyalarni qo‘llanilishi yaxshi natija beradi. Tiklovchi ko‘phad koeffitsientlari ko‘phadlarning qo‘shni oraliqlarda silliq tutashishi shartidan, nuqtalarda interpolyatsiya sharti va bir oraliqdan ikkinchisiga silliq o‘tish uchun qidirilayotgan funksiya va uning hosilalarining  $x \in [a, b]$  da uzluksiz bo‘lishi talab qilinadi.

Lokal interpolyatsion kubik splayn funksiya interpolyatsiya ob'ektiga yaxshi yaqinlashuvchanligi va qurilishi sodda va EHM algoritmini tuzish juda soddaligi bilan ajralib turadi.

Murakkab jarayonli masalalarni taqribiy echishda hamda ushbu masalalarning modellarini qurishda va qo‘llanilishida splayn-funksiyalarning qo‘llanilishi dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Jadval ko‘rinishida berilgan funksiyalarni splayn funksiyalar bilan yaqinlashtirish. Interpolyatsion kubik splaynlarni qurish.

Ta‘rif: Quyidagi to‘rt shartni qanoatlantiruvchi ushbu

$S(f, x) = S_3(x, f, \Delta_n)$  funksiya interpolyatsion kubik splayn funksiya deyiladi:

Har biri  $[x_i, x_{i+1}]$  ( $i = \overline{0, n}$ ) oraliqda  $S(f, x) \in H_3(P)$ ;

$$S(f, x) \in C^2[a, b];$$

To‘rning  $x_k$  ( $k = \overline{0, n}$ ) tugunlariga  $S(f, x_k) = f_k$  tenglik o‘rinli;

$$S''(f, x) \text{ uchun } S''(f, a) = S''(f, b) = 0 \quad (1)$$

chegaraviy shartlar bajariladi.

Bu to‘rt shartni qanoatlantiruvchi yagona  $S(f, x)$  splayn mavjudligini ko‘rsatamiz. Buning uchun avval quyidagi yordamchi faktlarni keltiramiz.

Endi splaynni qurish bilan shug‘illanamiz,  $S(f, x)$  ning ikkinchi hosilasi to‘rning har biri  $[x_{i-1}, x_i]$  oralig‘ida uzluksiz bo‘lganligi tufayli  $x_{i-1} \leq x \leq x_i$  da ushbu tengsizlikni yoza olamiz:

$$S''(f, x) = M_{i-1} \frac{x_i - x}{h_i} + M_i \frac{x - x_{i-1}}{h_i} \quad (2)$$

Bu yerda  $h_i = x_i - x_{i-1}$  va  $M_i = S''(f, x_i)$  tenglikning har ikki tomonini integrallab, quyidagiga ega bo‘lamiz:

$$S(f, x) = M_{i-1} \frac{(x_i - x)^3}{6h_i} + M_i \frac{(x - x_{i-1})^3}{6h_i} + A_i \frac{x_i - x}{h_i} + B_i \frac{x - x_{i-1}}{h_i} \quad (3)$$

Bunda  $A_i$  va  $B_i$  integrallash doimiyolari bo‘lib, ular  $S(f, x_{i-1}) = f_{i-1}$  va  $S(f, x_i) = f_i$  shartlardan aniqlanadi. (3) da  $x = x_{i-1}$ ,  $x = x_i$  larni o‘rniga qo‘yib, mos ravishda

$M_{i-1} \frac{h_i^2}{6} + A_i = f_{i-1}$  va  $M_i \frac{h_i^2}{6} + B_i = f_i$  larni hosil qilamiz. Bundan  $A_i$  va  $B_i$  larni topib (2) ga qo‘ysak, natijada

$$S(f, x) = M_{i-1} \frac{(x_i - x)^3}{6h_i} + M_i \frac{(x - x_{i-1})^3}{6h_i} + \left( f_{i-1} - \frac{M_{i-1} h_i^2}{6} \right) \frac{x_i - x}{h_i} + \left( f_i - \frac{M_i h_i^2}{6} \right) \frac{x - x_{i-1}}{h_i}, \quad (4)$$

$$S'(f, x) = -M_{i-1} \frac{(x_i - x)^2}{2h_i} + M_i \frac{(x - x_{i-1})^2}{2h_i} + \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} - \frac{M_i - M_{i-1}}{6} h_{i+1} \quad (5)$$

larga ega bo‘lamiz.

Oxirgi tenglik  $[x_i, x_{i+1}]$  oraliq uchun quyidagi ko‘rinishga ega:

$$S'(f, x) = -M_i \frac{(x_{i+1} - x)^2}{2h_{i+1}} + M_{i+1} \frac{(x - x_i)^2}{2h_{i+1}} + \frac{f_{i+1} - f_i}{h_{i+1}} - \frac{M_{i+1} - M_i}{6} h_{i+1} \quad (6)$$

Endi (5) da  $x$  ning  $x_i$  ga chapdan va (6) da  $x$  ning  $x_i$  ga o‘ngdan intilgandagi, ya‘ni  $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$  lar uchun hosilaning bir tomonlama limitlarini hisoblaylik:

$$S'(x_i - 0) = \frac{h_i}{6} M_{i-1} + \frac{h_i}{3} M_i + \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i}$$

$$S'(x_i + 0) = -\frac{h_{i+1}}{3} M_i + \frac{h_{i+1}}{6} M_{i+1} + \frac{f_{i+1} - f_i}{h_{i+1}} \quad (i = \overline{1, n-1})$$

Ta‘rifning ikkinchi shartiga ko‘ra  $S'(f, x)$  va  $S''(f, x)$  funksiyalar  $[a, b]$  oraliqda uzluksiz.

$S'(f, x)$  ning  $x_1, x_2, \dots, x_{n-1}$  nuqtalarda uzluksizligidan foydalansak, quyidagi tenglamaga ega bo‘lamiz:

$$\frac{h_i}{6} M_{i-1} + \frac{h_i + h_{i+1}}{3} M_i + \frac{h_{i+1}}{6} M_{i+1} = \frac{f_{i+1} - f_i}{h_{i+1}} - \frac{f_i - f_{i-1}}{h_i} \quad (7)$$

Bu tenglamaning (1) chegaraviy shartdan kelib chiqadigan

$$M_0 = M_n = 0 \quad (8)$$

Yuqorida tahlil qilib chiqilgan formulalarimizdan foydalangan holda interpolyatsion kubik splayn-funksiya quriladi.

## Foydalanilgan adabiyotlar

1. Isroilov M.I. Hisoblash metodlari. 1-qism. Toshkent O'qituvchi.; Isroilov M.I. Hisoblash metodlari. Toshkent, O'qituvchi, 2-qism, 2008. nomli adabiyotlar va "Parallel Processing of Signals in Local Spline Methods" maqolalari tahlil qilindi.

## SOME APPROACHES TO IMPROVING SOLUTIONS OF DIFFERENTIAL EQUATIONS

U. Dalabaev<sup>1,a)</sup>, D.R. Hasanova<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup>University of World Economy and Diplomacy.

Author Emails

a) udalabaev@mail.ru, b) hasanovadilfuza@inbox.ru

There are quite a number of works on the numerical solution of differential equations [1-4]. Here we propose two ways to improve the solution of ordinary differential equations with boundary conditions. To solve ordinary differential equations, you can use the method of moving nodes [5-10]. Using the method of moving nodes, it is possible to improve the obtained approximate solution and construct improved circuits.

**Parametric schemes.** Here an attempt is made to construct a special parametric scheme in order to improve the quality of the circuit. In this case, the choice of the parameter is carried out on the basis of the calculated approximation error. We demonstrate this method for convection-diffusion problems. Consider the problem

$$Pe \frac{du}{dx} = \frac{d^2u}{dx^2} + Pe \cdot S(x), \quad u(0) = u_0, \quad u(1) = u_1. \quad (1)$$

Here  $Pe$  is the Peclet number,  $S(x)$  is the source,  $u$  is the unknown function.

When problem (1) is discretized, it is essential to approximate the convective term [3]. The standard finite-difference scheme against the flow on a three-point template is:

$$Pe \frac{U-U_W}{x-x_W} = \frac{2}{x_E-x_W} \left( \frac{U_E-U}{x_E-x} - \frac{U-U_W}{x-x_W} \right) + Pe \cdot S(x), \quad (2)$$

Consider the parametric scheme

$$Pe \frac{U-U_W}{x^k-x_W^k} \cdot kx^{k-1} = \frac{2}{x_E-x_W} \left( \frac{U_E-U}{x_E-x} - \frac{U-U_W}{x-x_W} \right) + Pe \cdot S(x), \quad (3)$$

The choice of the parameter  $k$  can be found by numerical experiment. Based on the calculated approximation error, it is not difficult to select the parameter  $k$ . The idea of approximating the convective term is as follows. We introduce an intermediate variable  $y(x)$ , and based on the calculation of the derivative of a complex function, we have

$$\frac{du}{dx} = \frac{du}{dy} \cdot \frac{dy}{dx}$$

For the function  $y(x)$  we take a monotonically increasing function, for example,  $y = x^k$  will be replaced by the difference relation upstream. Making the assumption that with such a replacement, the approximation error decreases. In this way  $\frac{du}{dx} \approx \frac{u-u_W}{x^k-x_W^k} \cdot kx^{k-1}$ .

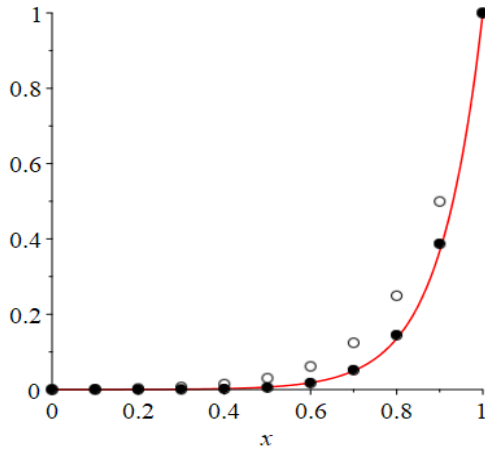


Fig.1 Comparison of results. The solid line is the exact solution

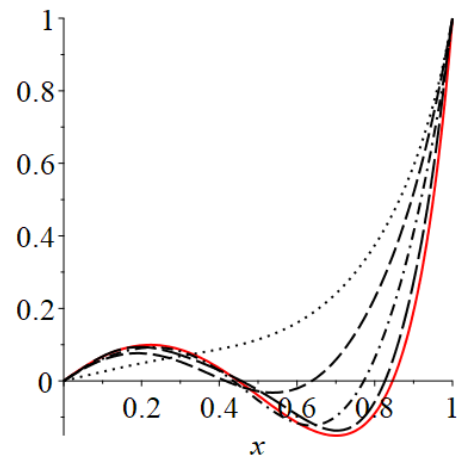


Fig.2 Comparison of results:  $S(x) = \cos(5x)$ ,  $Pe=10$ ,  $\omega=0,06$

Figure 1 shows the results of calculations ( $Pe=10$ ,  $S(x)=0$ ,  $N=11$ ,  $u_0=0$ ,  $u_1=1$ ) at  $k=1$  and  $9$ . (the circles are the numerical results obtained at  $k=1$ , and the solid circles at  $k=9$ .)

**Iterative method to get a solution.** Using the idea of constructing iterative methods for systems of discrete equations, we will show the possibilities of an analytical approximate solution based on the method of moving nodes.

Consider problem (1). If there is only one moving node, we carry out an iterative process in the form ( $u_0=0$ ,  $u_1=1$ )

$$u^1 = \frac{2x}{2+Pe(1-x)} + \frac{x(1-x)}{2+Pe(1-x)} \cdot S(x). \quad (4)$$

This expression is taken as the initial approximation of problem (18). Let's find the approximation error

$$R^1 = -Pe \frac{du^1}{dx} + \frac{d^2u^1}{dx^2} + Pe \cdot S(x),.$$

Let's calculate the second approximation

$$u^2 = u^1 + \omega x(1-x) \cdot R^1.$$

Find the approximation error  $R^2$

$$R^2 = -Pe \frac{du^2}{dx} + \frac{d^2u^2}{dx^2} + Pe \cdot S(x) .$$

Thus, we carry out an iterative process in the form

$$u^i = u^{i-1} + \omega x(1-x) \cdot R^{i-1}. \quad (5)$$

On fig.2, the solid line corresponds to the exact solution of the problem; dot -  $u^1$ ; dashed,  $u^2$ ; dotted-dashed --  $u^3$ ; long-dashed -  $u^4$ . As can be seen from the graphic, step by step we can improve of analytical solution.

Using the parametric scheme of the convection-diffusion problem (the scheme parameter is determined by a numerical experiment), it is possible to obtain an improved scheme. An iterative scheme for obtaining an approximate analytical solution of two-point boundary value problems is proposed.

It remains to be explored how to choose the parameters of the proposed schemes in order to optimize the resulting solutions.

## Reference

1. G.H. Smith, *Numerical solution of partial differential equations: finite difference method* (Oxford University Press, New York, 1985)
2. Richtmyer, R. D. and Morton, K. W. *Difference methods for initial-value problems*, (Intercedence Publisher, New York, 1967)

3. Patankar, S.V, *Numerical heat transfer and fluid flow*, McGraw-Hill Hemisphere Publishing Corporation 1980, p. 197.
4. Samarsky, A. A., *Introduction to the theory of difference schemes*, Moskov, Nauka, Physical and Mathematical Literature 1971, p. 553,
5. Dalabaev U., IJSET – International Journal of Innovative Science. Engineering & Technology. Vol. 3. Issue 1., January. ISSN 23 448 – 7968. p. 23 44-23 49. (116)
6. Dalabaev U., Open Access Library Journal, 1104962 (118).
7. Dalabaev Umurdin, Academic Journal of Applied Mathematical Sciences. p. 24 515-522 35, (11),
8. Dalabaev U. Problems of Computational and Applied Mathematics, 6 (24 5), p. 44-52, (119).
9. Dalabaev U. Bulletin of the Institute of Mathematics, 6, 5-9, (118).
10. Rasulov Abdujabar, Dalabaev Umurdin, J. Phys: Conf. Ser., 1860, 121 2, 01126 IOP Publishing.

**УДК 511.345**

## **О ЧИСЛО РЕШЕНИИ ОДНОЙ КВАДРАТНОГО УРАВНЕНИЕ В ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ ИЗ АРИФМЕТИЧЕСКОЙ ПРОГРЕССИИ**

И.Аллаков<sup>1,a)</sup>, О.Ш.Имамов<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup>Термезского государственного университета

Электронная почта авторов

a) iallakov@mail.ru b) oybekimamov000@gmail.com

Пусть  $N$  достаточно большое нечетное число, удовлетворяющее условию  $N \equiv 5 \pmod{24}$  и пусть  $p_1, \dots, p_5$  простые числа. Впервые Хуа-Ло-Кен доказал (см. стр.110 работы [1]), что диафантово уравнение

$$N = p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + p_4^2 + p_5^2 \quad (1)$$

разрешимо в простых числах  $p_1, \dots, p_5$ . Ming-Chit Liu и Kai-Man Tsang [2] доказали, разрешимость уравнения  $N = a_1 p_1^2 + \dots + a_5 p_5^2$ , где  $a_1, \dots, a_5, N$  – целые числа, удовлетворяющие условиям конгруэнт разрешимости и положительной разрешимости: а) для любого простого  $p$  существуют такие целые числа  $l_1, \dots, l_5$  с условиями  $1 \leq l_1, \dots, l_5 \leq p-1$ , которые удовлетворяют систему линейных сравнений:  $a_1 l_1 + a_2 l_2 + \dots + a_5 l_5 \equiv N \pmod{p}$ .

б) существуют такие действительные положительные числа  $y_1, \dots, y_5$  для которых выполняются равенства  $a_1 y_1 + a_2 y_2 + \dots + a_5 y_5 = N$ .

Они также в [2] утверждали, что методом использованным ими для суммы пяти квадратов можно доказать разрешимость уравнения  $N = c_1 p_1 + c_2 p_2 + c_3 p_3^k$ , при целом  $k \geq 1$ . Доказательство последнего утверждения  $k=2$  приведено в работе И.Аллакова и Н.С.Музроповой [3], [4].

Выше сформулированные задачи можно рассматривать как нелинейное расширение тернарной проблемы Гольдбаха (теорема Гольдбаха-Виноградова [5]), а также как аналогом известной теоремы Лагранжа о четырех квадратах (см. гл.VI, §6.5, [6]).

Y.H.Wang [7] исследовал уравнение (1) с простыми переменными из арифметической прогрессии, т.е. простые переменные удовлетворяют условиям:  $p_i \equiv b_i \pmod{d}$ ,  $i = 1, 2, \dots, 5$ , и  $\bar{b} = (b_1, \dots, b_5) \in B(N, d)$ ,

где

$$B(N, d) = \{ \bar{b} \in N^5 : 1 \leq b_i \leq d, (b_i, d) = 1, b_1^2 + \dots + b_5^2 \equiv N \pmod{\sigma(d)d} \}, \quad (2)$$

и  $\sigma(d) = 1, 4, 2$  для  $2 \nmid d$ ,  $2 \parallel d$  и  $4 \mid d$ , соответственно. Здесь  $N$  - множество натуральных чисел и  $N^5 = N \times N \times N \times N \times N$ .

Он доказал, что существует эффективная положительная постоянная  $\delta$ , такая, что диофантово уравнение

$$\begin{cases} N = p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + p_4^2 + p_5^2, \\ p_i \equiv b_i \pmod{d}, i = 1, \dots, 5, \end{cases} \quad (3)$$

с простыми переменными разрешимо для всех положительных целых чисел  $d \leq N^\delta$  при условии, что  $N \equiv 5 \pmod{24}$  - большое нечетное целое число,  $B(N, d)$  - непустое. Отметим, что из этого результата вытекает знаменитая теорема Линника о наименьшем простом числе в арифметической прогрессии (см. [8]).

В настоящей работе мы оценим количество решений уравнения (1) в простых числах из арифметической прогрессии. Пусть  $r(N)$  - количество решений уравнения (1) в простых числах  $p_i \equiv b_i \pmod{d}$  ( $i = 1, \dots, 5$ ), где  $N$  - достаточно большое фиксированное натуральное число,  $\chi \pmod{q}$  и  $\chi_0 \pmod{q}$  - означает произвольный характер и главный характер Дирихле по модулю  $q$ , соответственно. Известно, что существует постоянная  $c_1$ , такая, что существует не более одного примитивного характера  $\tilde{\chi}$  и модуль  $\tilde{r} \leq T$ , для которого соответствующая L-функция  $L(s, \chi)$  имеет нуль в области  $\sigma > 1 - c_1 (\log T)^{-1}$ ,  $|t| \leq T$ ; и если такой исключительный характер существует, он квадратично и соответствующий ему нуль  $\tilde{\beta}$ , так называемый исключительным нулем, будет простым и единственным. Кроме того, этот исключительный нуль  $\tilde{\beta}$  удовлетворяет соотношению

$$c_2 \left( \tilde{r}^{\frac{1}{2}} \log^2 \tilde{r} \right)^{-1} \leq 1 - \tilde{\beta} \leq c_1 / \log T, \quad (\text{см. § 14, [9]}). \quad (4)$$

Основным результатом работы является следующая теорема.

**Теорема.** Если  $N$  - достаточно большое число и  $Q = N^{21\delta}$ , тогда справедливы следующие утверждения

а) если не существует  $\beta$  - исключительный нуль (4) L-функции Дирихле или же он существует и модуль соответствующего исключительного характера  $\tilde{r} > Q^{\frac{1}{13}}$ , тогда

$$r(N) \geq N^{\frac{3}{2}} Q^{-\frac{1}{5}} \ln^{-5} N \left( 1 - c_1 d^{-2} Q^{-\frac{3}{10}} \ln^{c+4} N \right)$$

б) если существует  $\beta$  - исключительный нуль (4) L-функции Дирихле и модуль соответствующего исключительного характера  $\tilde{r} \leq Q^{\frac{1}{13}}$ , тогда

$$r(N) \geq N^{\frac{3}{2}} Q^{-\frac{2}{5}} \ln^{-5} N \left( 1 - c_2 d^{-2} Q^{-\frac{1}{10}} \ln^{c+4} N \right).$$

Из этой теоремы следует.



**Следствие.** Если  $N$  - достаточно большое число и  $Q = N^{21\delta}$ , существует эффективная положительная константа  $\delta$  для  $d \leq N^\delta$  справедлива оценка  $r(N) \geq N^{\frac{3}{2}} Q^{-\frac{2}{5}} (\ln N)^{-5}$ ,

Отметим, что подобный результат, когда  $d = 1$  был доказан в работе И.Аллакова и Н.Музраповой [4].

### Список использованной литературы

1. Хуа-Ло-Кен. Аддитивная теория простых чисел.// Труды МИ РАН им. В. А. Стеклова, 1947, т.22, с.3-179.
2. Ming-Chit Liu and Kai-Man Tsang. Small Prime solutions of some Additive Equations. Mh. Math. 111(1991), pp.147-169.
3. Аллаков И., Музрапова Н. С. О представлении натурального числа суммой пяти квадратов простых чисел // Алгебра, теория чисел, дискретная геометрия и многомасштабное моделирование: современные проблемы, приложения и проблемы истории Материалы XXI Международной конференции, посвященной 85-летию со дня рождения А. А Карацубы. Тула, 17–21 мая 2022 года. с.157-160.
4. Аллаков И., Музрапова Н.С. О количестве представлений натурального числа в виде суммы пяти квадратов простых чисел. // Бюллетень Института математики 2022, т.5, №5, стр.82-86.
5. Виноградов И.М. Особые варианты метода тригонометрических сумм.-М.: Наука, 1976,-120с.
6. Нестеренко Ю.В. Теория чисел. –М.: Издательский центр “Академия”, 2008,-272 с.
7. Wang Y. H. Numbers representable by five prime squares with primes in an arifmetic progression.// Acta Arithmetica XC.3 1999. pp.217-244
8. Линник Ю.В. О наименьшем простом в арифметической прогрессии. I. Основная теорема. // Мат. Сборник 15 (57) (1944), 139-178.
9. Davenport H. Multiplicative Number Theory. Second edition .Springer-Verlag, New York Heidelberg Berlin. 1997. 178p.

## TO‘LQIN TENGLAMASIGA QO‘YILGAN ARALASH MASALA SONLI YECHIMINING LYAPUNOV BO‘YICHA TURG‘UNLIGI

Xudoyberganov M.O<sup>1, a)</sup>, Karimov D.<sup>1, b)</sup>

<sup>1</sup>Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti

<sup>a)</sup> mirzoali@mail.ru <sup>b)</sup>karimovdavlatyor91@gmail.com

Dunyoda meditsina, neft va gaz, shaharsozlikdagi ishlab chiqarish sohasida zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, xususan ilmiy-texnikaviy imkoniyatlarni rivojlantirish sur‘atlarini oshirishda, ishlab chiqarish sohalariga zamonaviy texnologiyalarni joriy etishda, ilm-fan va ishlab chiqarish integratsiyasini kengaytirishda giperbolik sistemalar uchun aralash masalalarni hisoblash modellarini ishlab chiqishda ayirmali sxemalari nazariyasini takomillashtirish bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bunda aralash masala uchun ayirmali sxemani qurish va uning turg'unligini isbotlash muhim rol o'ynaydi. Shuning uchun ikkinchi tartibli giperbolik tenglamani sonli echish uchun ayirma sxemalarini qurish, ayirmali sxema turg'unligini tekshirish va taqribiy echimning dastlabki differensial masala echimiga yaqinlashishini tekshirish dolzarb hisoblanadi. Ishda bir o'Ichovli

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + a \frac{\partial u}{\partial t} + b \frac{\partial u}{\partial x} + cu = f, \quad t \in (0, T), \quad x \in (0, 1), \quad (1)$$

to‘lqin tenglamasining

$$u(t, 0) = u(t, 1) = 0, \quad t \in (0, T).$$

chegaraviy shartlarni va

$$u(0, x) = u_0(x), \frac{\partial u(0, x)}{\partial x} = u_1(x), x \in (0, 1),$$

boshlang'ich shartlarni qanoatlantiruvchi sonli echimining turg'un echimini topish masalasi tadqiq etiladi. Bunda masala asosan riman invariantlari bilan bog'liq giperbolik sistema asosida tahlil qilinadi.

### Adabiyotlar

1. Bastin G., Coron J.M. Stability and Boundary Stabilization of 1-D Hyperbolic Systems. Progress in Nonlinear Differential Equations and Their Applications, Birkhäuser Basel press. Vol. 88, 2016, pp. 220.
2. Blokhin A.M., Alov R.D. Energy integrals and their applications to the study of the stability of the difference schemes. Novosibirsk State University Press, 1993, 224 p.
3. Alov R.D., Eshkuvatov Z.K., Davlatov Sh.O., Nik Long N.M.A., Sufficient condition of stability of finite element method for symmetric t-hyperbolic systems with constant coefficients. Computers and Mathematics with Applications, Vol. 68, 2014, pp. 1194–1204.
4. Alov R.D., A.M. Blokhin, M.U. Hudayberganov One Class of Stable Difference Schemes for Hyperbolic System. American Journal of Numerical Analysis. Vol. 2(3), 2014, pp. 85-89.

## ТЕОРЕТИКОЧИСЛОВЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ ОДНОМЕРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА ВТОРОГО РОДА В КЛАССЕ $E_1^\alpha(C)$

Абираев И.М.

*Денауский институт предпринимательства и педагогика Денау, Узбекистан*

Электронная почта автора

ustozmat616@gmail.com

В этой работе сочетая метод итерации с методом оптимальных коэффициентов, рассматривается приближенное решение следующей системы интегральных уравнений Фредгольма 2-города

$$y_i(x) = f_i(x) + \lambda \sum_{j=1}^q \int_0^1 K_{ij}(x, t) y_j(t) dt, \quad i=1, 2, \dots, q. \quad (1)$$

где

$$f_i(x) \in E_1^\alpha(C_1), K_{ij}(x, t) \in E_2^\alpha(C_2) \quad (i, j=1, 2, \dots, q). \quad (2)$$

Следуя [1-3] предлагается алгоритм решения системы интегральных уравнений (1) и доказывается следующая теорема.

**Теорема.** Пусть  $N \geq 2^\alpha$ ,  $\alpha > 1$ , выполняются условия (2). Тогда для решения системы (1) справедливы равенства

$$y_i(x) = f_i(x) + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^M \lambda^n \sum_{k=1}^N \Phi_{in}(x, M_{kn}) + R_N, \quad i=1, 2, \dots, q.$$

где

$$R_N = 0DN^{-\frac{\alpha-1}{2}} \log^{0.5(\alpha-1)\beta+M-1} N, \quad |0| < 1,$$

$$D=D(\alpha, \lambda, q, A, C_1, C_2) \text{ – постоянная, не зависящая от } N, N_1=[N^{\frac{1}{2}} \log \frac{-\beta}{2} N],$$

$$M=\left[\frac{(\alpha-1) \log N - (\alpha\beta - \beta + 2) \log \log N}{2(\log \log N - \log(|\lambda|qA^2C_2))}\right], |\lambda| < \left(\frac{3\alpha qA^2C_2}{2(\alpha-1)}\right)^{-1}.$$

### Список использованной литература

1. Коробов Н.М. Применение теоретико-числовых сеток в интегральных уравнениях и интерполяционных формулах // Тр. Матем.Ин-та АН СССР, -М.:1961, 60, С. 195-210.
2. Исроилов М.И., Абираев И.М. Приближенное решение системы сингулярных интегральных уравнений // Узбекский математический журнал. 1994.№1.С40-47.
3. Исраилов М.И., Абираев И.М. Приближенное решение системы многомерных сингулярных интегральных уравнений с ядром Гильберта // Узбекский математический журнал. 1994. №3. С.58-66.

### UDC 654.04

## SERVICING REQUESTS BY CONTROLLING REQUEST INTERVALS DURING TIMES OF HIGH TRAFFIC

<sup>1,a)</sup>Abdullaev E.S, <sup>1,b)</sup>Zakirov V.M

<sup>1</sup> Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

Author Emails

<sup>a)</sup>eldorabdullayev0223@gmail.com, <sup>b)</sup>vakhidzakirov@mail.ru

As the use of web services has grown, systems have faced challenges in serving user requests. These include longer wait times for users requesting services, as well as disruptions in service during times of high demand. To improve the efficiency of these systems, it is necessary to take a variety of actions. Based on our investigation, it appears that the system's servers are unable to handle requests in several situations.

- Limited server capacity for user requests;
- Slow data exchange as a result of Internet connection;
- Improper selection of the system's working principle (algorithm).

Furthermore, there are instances where the systems may fail to respond to requests due to various reasons. These scenarios may occur intermittently and at specific times. However, these issues significantly contribute to the situations mentioned earlier, and it is crucial to address them urgently.

To efficiently serve requests in a system, it is important to regulate the flow of requests by analyzing the server's capabilities. In order to do this, it is necessary to understand the server's service timings and capabilities for a specific amount of time, such as one second, one minute, or one hour. However, before this can be done, it is crucial to determine the server's capability. The research in this article is based on Intel Core™ i7-10700T Processor (2.0 GHz base frequency, up to 4.5 GHz with Intel® Turbo Boost Technology, 8 cores, 12 threads, 16 MB cache), 8 GB DDR4 3200 MHz RAM, 256 GB SSD performed on a benchmark server device, the server's ability to serve requests per second without rejections was  $\approx 165$  based on [1], [2], [3], [4]. To test the server's ability to service requests, requests were submitted via Apache Jmeter 5.4.1, and the number of concurrent requests before rejection was determined to be 162. It should be noted that when calculating the system's ability to service requests simultaneously, it is assumed that requests arrive at a specific time. However, the completion time of the requested service was not taken into account. Because the completeness of the responses to these requests is dependent on many other criteria, the ability to provide an accurate value is limited. As a result, serviceability is measured by the number of requests a server can handle at the same time.

Based on the determined indicators, the useful value of the intensity of requests was determined based on the following formula (1).

$$T = \frac{c}{W} \quad (1)$$

Here, C is the server's ability to receive requests per second, W is the time scale under consideration (one second in the study), and T is the useful value of request intensity.

The study found T to be around 61 milliseconds.

That is, this value signifies that if the pace of requests is less than 61 ms, the server will not respond to requests of a specific size [6]. Because in any system, the server's service devices and standby devices are based on the notion of losing incoming requests when the standby devices are busy [3], [5]. Losses can occur in multiple stages.

- In the first case, when the service and standby parts of the server are busy with requests (Figure 1);
- In the second case, the requests go to the waiting state, but there is no possibility to serve them due to the fact that too many threads are created on the web server, that is, the server does not have time to process them (Figure 2).

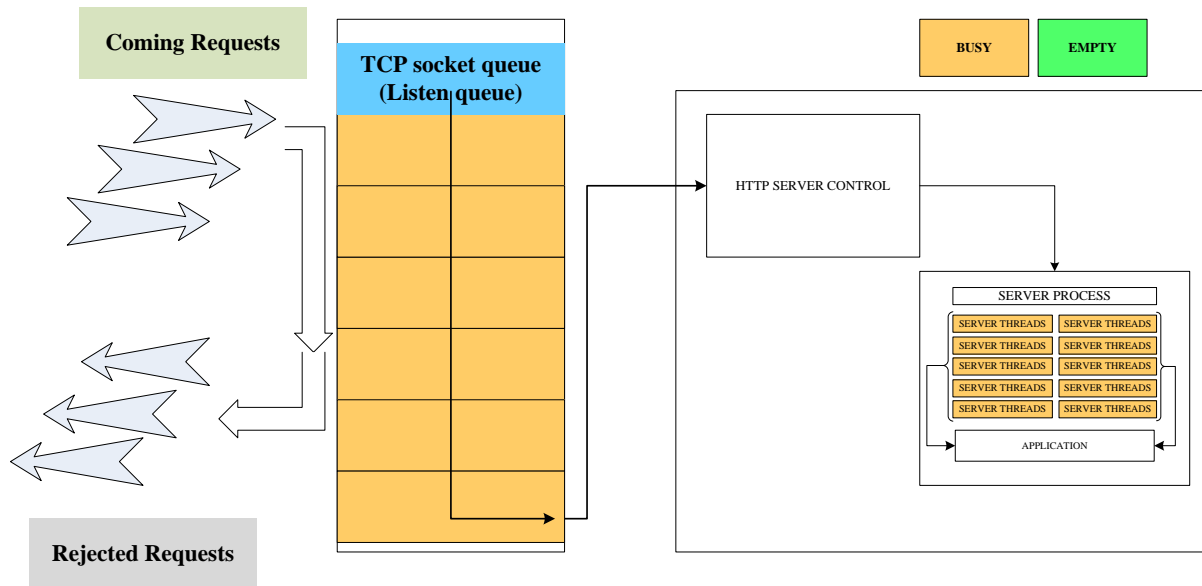


Figure 1. Loss of requests when all server devices and queues are busy

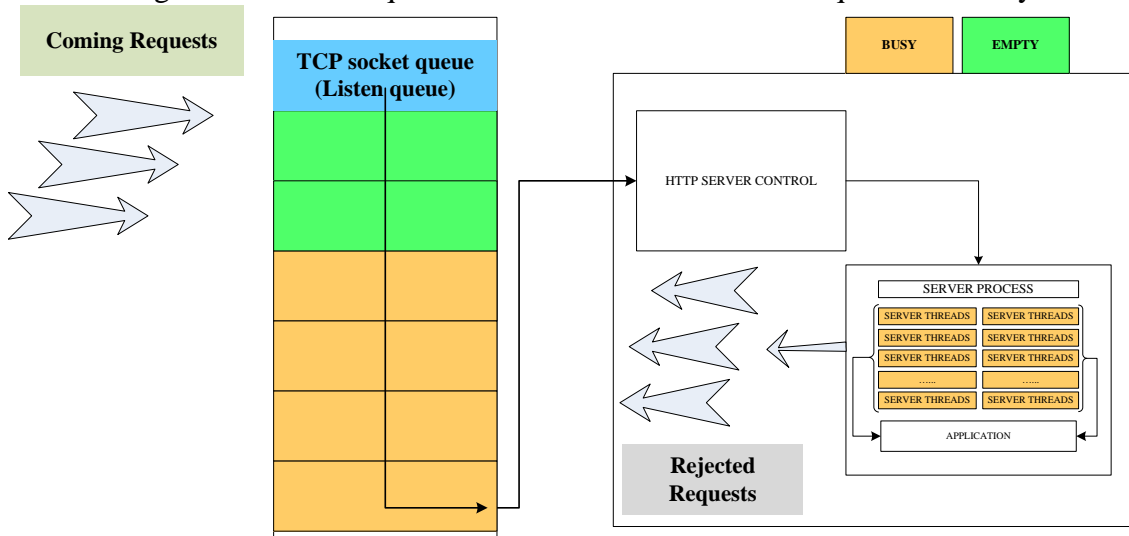


Figure 2. Loss of requests due to web server overload

As a result, managing the request interval is critical for enhancing servers' ability to serve requests. To do this, mechanisms for artificially controlling their intervals during times of high demand must be developed based on the values stated above. Figure 3 depicts a

technique for artificially delaying the reception of requests to the web server when the intensity of the requests is less than the server's capacity to receive them.

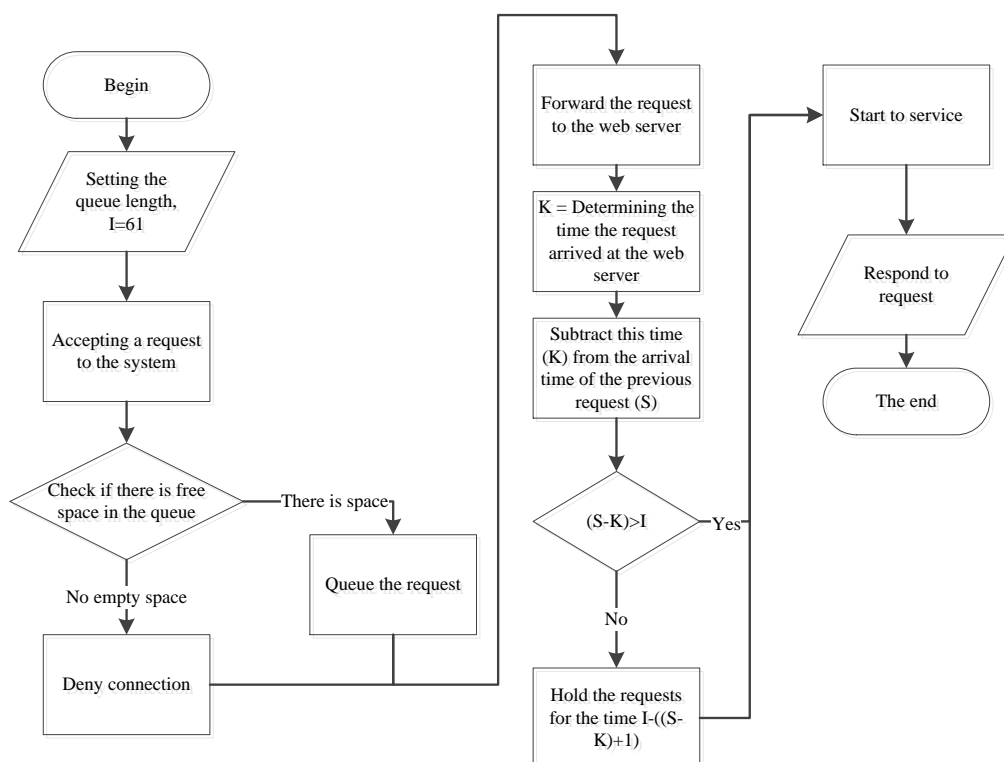


Figure 3. Algorithm for artificially delaying the reception of requests to the web server

## References

1. Abdullaev E., Zakirov V., Shukurov F. Assessment of the distance learning server's operation strategies and service capacity in advance //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 420. – C. 06016.
2. Manchanda P. Analysis of optimization techniques to improve user response time of web applications and their implementation for MOODLE //Advances in Information Technology: 6th International Conference, IAIT 2013, Bangkok, Thailand, December 12-13, 2013. Proceedings 6. – Springer International Publishing, 2013. – C. 150-161.
3. Fan, Qi & Wang, Qingyang. Performance Comparison of Web Servers with Different Architectures: A Case Study Using High Concurrency Workload //In 2015 Third IEEE Workshop on Hot Topics in Web Systems and Technologies (HotWeb) (pp. 37-42). IEEE.
4. Turdiyev O. A., Tukhtakhodjaev A.B., Abdullaev E. S. The model of network bandwidth when servicing multi-service traffic // Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers, 2019. – Vol. 15. – №. 3. – pp. 70–74.
5. Dudin A. et al., Analysis of a single-server multi-class queue with unreliable service, batch-correlated arrivals, customer influence, and dynamical change of priorities // Mathematics. 2021. Vol. 9, № 11. Art. 1257.26.
6. Zakirov V., Abdullaev E. Enhancing the efficiency of the remote service process //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 501. – C. 02006.

## YEVROPA TURDAGI OPSIONNING NARXINI DISKRET VA UZLUKSIZ HOLDA HISOBLASH

A.S.Rasulov<sup>1,a)</sup>, G.B. Matqurbanov<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy Universiteti

a) asrasulov@gmail.com, b) matqurbanovganjaboy@gmail.com

Yevropa turidagi oqibatli standart sotib olish opsiyon uchun muqobil narxni topishga doir misollar keltirib o'tamiz hamda hisoblash dasturini Mathcad dasturida keltiramiz.

$S_N = S_0 + \sum_{n=1}^N \Delta_n$ ,  $\Delta_n = S_n - S_{n-1}$ ,  $\Delta_n = \begin{cases} -a \rightarrow p \\ b \rightarrow q \end{cases}$ ,  $a > 0, b > 0$  bo'lganda  $p$  va  $q$  larni toping?

To'lov funksiyasi  $f_N = (S_N - K)^+$ ,  $K = S_0$  bo'lgan standart sotib olish (call) opsiyonida  $N = 2$  uchun muqobil narx  $C_N$  ni toping?

Yechish:  $N = 2$ ,  $E\Delta_n = 0, n = 1, 2$  shartdan  $-a \cdot p + b \cdot q = 0$  ni hosil qilamiz.

$p + q = 1$  bo'lgani uchun  $p = \frac{b}{a+b}$  va  $q = \frac{a}{a+b}$  larni topamiz. U holda

$$C_2 = Ef_2 = E(S_2 - K)^+ = E(\Delta_1 + \Delta_2)^+ = (-2a)^+ p^2 + (-a+b)^+ pq + (b-a)^+ pq + (2b)^+ q^2 = 2(b-a)^+ pq + 2bq^2 = \begin{cases} \frac{2ab^2}{(a+b)^2}, a < b \\ \frac{2ab^2}{(a+b)^2}, a > b \end{cases}$$

Yevropa turidagi standart sotib olish (call) opsiyonida  $N = 2$  uchun muqobil narx  $C_N$  ni hisoblash dasturini keltiramiz.

Dastur uchun hisoblash algoritmi quyidagicha bo'ladi:

1. Narxlar tasodifiy o'zgarib turishini hisobga olgan holda aksiya narxi  $a$  va  $b$  larni aniqlab olamiz:  $a := 2000\$$  va  $b := 3000\$$
2. Aksiya narxlari uchun mos ehtimolliklar qiymati aniqlanadi.

$$p := \frac{b}{a+b}; q := \frac{a}{a+b}$$

3.  $a$  va  $b$  sonlarni oralig'idan tasodifiy tanlaymiz buning uchun runif funksiyasini ishlatamiz  $S := \text{runif}(3, a, b)$  va chiqqan natijasi:

$$S = \begin{pmatrix} 2.147 \times 10^3 \\ 2.989 \times 10^3 \\ 2.119 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$\min(S) = 2.119 \times 10^3 \text{ Standart}$$

Endi chiqqan tasodifiy sonlardan minimumini topamiz, sotib olish opsiyonini  $N = 2$  uchun muqobil narxni  $a < b$  bo'lgan hol uchun hisoblaymiz va quyidagi  $C_2 = 2 \cdot (b - a) \cdot p \cdot q + 2 \cdot b \cdot q^2$  natijaga ega bo'lamiz.

Bu ifoda orqali  $C_2 = 1.44 \times 10^3$  ga teng ekanligi kelib chiqadi.

Biz Bleck shoules tenglamasi bilan opsiyonni sotib olish va sotish jarayonini Python dasturi bilan ham hisoblab natijani olishimiz va olingan natijani. Amaliy matematik paketlar bilan hisoblab topilgan natija bilan solishtirishimiz mumkin.

$$N(d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^d e^{-\frac{1}{2}x^2} dx$$

$C(S, t)$   $t$  vaqtidagi qiymati va  $P(S, t)$  qo'ng'iroq opsiyonining  $t$  vaqtidagi sotish qiymati. Blek-Shoulsning Yevropacha sotib olish formulasi.

$$C(S, t) = SN(d_1) - K e^{-r(T-t)} N(d_2)$$

Blek-Shoulsning Yevropacha sotish formulasi.

$$P(S, t) = K e^{-r(T-t)} N(d_2) - N(d_1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{(T-t)}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{(T-t)} = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)(T-t)}{\sigma\sqrt{(T-t)}}$$

$N(d)$  - normal taqsimot funksiyalari.

def norm\_pdf(x):

```
    return (1.0 / ((2 * pi)**0.5)) * exp(-0.5 * x * x)
```

def norm\_cdf(x):

```
    k = 1.0 / (1.0 + 0.2316419 * x)
```

```
    k_sum = k * (0.319381530 + k * (-0.356563782 + k * (1.781477937 + k * (-1.821255978 + 1.330274429 * k))))
```

```
    if x >= 0.0:
```

```
        return (1.0 - (1.0 / ((2 * pi)**0.5)) * exp(-0.5 * x * x) * k_sum)
```

```
    else:
```

```
        return 1.0 - norm_cdf(-x)
```

def d\_j(j, S, K, r, sigma, T):

```
    return (log(S / K) + (r + ((-1)**(j - 1)) * 0.5 * sigma * sigma) * T) / (sigma * (T**0.5))
```

def vanilla\_call\_price(S, K, r, sigma, T):

```
    return S * norm_cdf(d_j(1, S, K, r, sigma, T)) - K * exp(-r * T) * norm_cdf(d_j(2, S, K, r, sigma, T))
```

def vanilla\_put\_price(S, K, r, sigma, T):

```
    return -S * norm_cdf(-d_j(1, S, K, r, sigma, T)) + K * exp(-r * T) * norm_cdf(-d_j(2, S, K, r, sigma, T))
```

```
K = 100
```

```
S = 80
```

```
r = 0.12
```

```
sigma = 0.3
```

```
T = 1
```

```
print(vanilla_call_price(K, S, r, sigma, T))
```

```
print(vanilla_put_price(K, S, r, sigma, T))
```

```
    Opsionni (call) sotib olish      Opsionni (put) sotish narxi
    narxi
```

```
30.623576050003393
```

```
1.577210987375997
```

Opsionning narxini hisoblab topish jarayonida bizga ma'lum bo'lgan natijalardan kelib chiqib. Opsion narxini Amaliy matematik paketlarda va Python dasturi bilan hisoblab chiqdik. Amaliy matematik paketlarga qaraganda dasturlash tillarida opsiyoning narxini hisoblashda aniqlik darajasi yuqori ekan.

## Foydalanilgan adabiyotlar

1. Baqoev M.T., Muhamedov A.Q. Moliyaviy matematika: O'quv qo'llanma. -T.: Jahon iqtisodiyoti va diplomatiya universiteti, 2013.-256b.

## OCHIQ KANALLARDA SUVNING IKKI O'LCHAMLI BEQAROR HARAKATI MASALLARINI YECHISH UCHUN CHEKLI ELEMENT USULIDAN FOYDALANISH

Abdiquahhorov S.<sup>1, a)</sup>, Choriyrov N. Q.<sup>1, b)</sup>, Abduraxmonov O. N.<sup>1, c)</sup> Seytov A. J.<sup>1, d)</sup>

<sup>1</sup> Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti

Mualliflar elektron pochtasi

<sup>b)</sup>nchoriyrov@gmail.com, <sup>c)</sup>abdalim83@mail.ru, <sup>d)</sup>saybek868@gmail.com

Zamonaviy kompyuter texnologiyalaridan foydalangan holda murakkab matematik muammolarni hal qilishning raqamli usullarining keng rivojlanishi munosabati bilan turli xil murakkab dinamik jarayonlarning o'ziga xos sifat va miqdoriy tavsiflarini olish uchun real imkoniyat paydo bo'ldi. Ushbu ishda suv xo'jaligi ob'ektlarida suv oqimining beqaror harakatini modellashtirishda oqimning kosmosdagi ikki o'lchovli oqimi hisobga olinadi, bu ob'ektlarning sifat va miqdoriy tavsiflarini yaxshilashni ta'minlaydi, shuningdek loyihalash va foydalanish uchun ob'ektlarning eng yaxshi parametrlarini tanlash kerak.

Ochiq kanallardagi suvning beqaror oqimini [1,2] vektor-matritsa ko'rinishida tavsiflovchi ikki o'lchovli Sen-Venant tenglamasi qo'yidagi shaklga ega.

$$\frac{\partial \mathbf{U}}{\partial t} + \mathbf{A} \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial x} + \mathbf{B} \frac{\partial \mathbf{U}}{\partial y} + \mathbf{D} = 0, (x, y) \in \Omega \quad (1)$$

bu erda  $\mathbf{U} = \{h, p, q\}$

Bu tenglamani echish uchun boshlang'ich va chegara shartlarini o'rnatish kerak. Dastlabki sharoitlar  $t_0$  vaqtning ma'lum bir nuqtasida dastlabki harakat sifatida qabul qilingan suv oqimining harakatini tavsiflaydi.

$$\mathbf{U}(x, y, t_0) = \mathbf{U}_0(x, y), \quad (x, y) \in \Omega, \quad (2)$$

bu erda  $\mathbf{U}_0(x, y)$  – suv oqimining chuqurligi va oqim tezligining berilgan taqsimot funksiyalari,  $\Omega$  - o'zgaruvchilarni aniqlashning ikki o'lchovli sohasi.

Biz  $\Omega$  hududining  $d\Omega$  chegarasini suyuq va o'tib bo'lmaydigan qattiq qismlardan iborat deb hisoblaymiz, ya'ni  $d\Omega = \{d\Omega_j, d\Omega_i\}$  va chegaraning bu qismlari bir nechta segmentlardan iborat bo'lishi mumkin.

Suyuq qism uchun chegara shartlari chuqurlikdagi o'zgarish yoki suv oqimi qo'yidagicha belgilanadi

$$h_i(x, y, t) = H_i(t), \quad q_i(x, y, t) \cos \alpha + p_i(x, y, t) \sin \alpha = Q_i(t), \quad (3)$$
$$\alpha = (n, \hat{Ox}), \quad (x, y) \in d\Omega_{\text{ji}}, \quad i = 1, n_{\text{ж}}$$

bu erda  $q_i(x, y, t)$  va  $p_i(x, y, t)$  suv oqimi tezligining noma'lum bo'ylama va ko'ndalang komponentlari bo'lsa,  $H_i(t)$  va  $Q_i(t)$  larga suvning chuqurligi va oqim tezligini o'zgartirish funksiyalari berilgan. Mos keladigan suyuqlik qismidagi oqim,  $a$  - chegaraning normal va  $x$  o'qi orasidagi burchak.

Chegaraning qattiq qismida qo'yidagi shaklda berilgan

$$q_i(x, y, t) \cos \alpha + p_i(x, y, t) \sin \alpha = 0, \quad \alpha = (n, \hat{Ox}), \quad (x, y) \in d\Omega_{\text{ti}} \quad i = 1, n_{\text{т}} \quad (4)$$

Vaqt o'tishi bilan (1) tenglamaning ayirma yaqinlashuvini amalga oshirib, tenglamaning koeffitsientlarini kvazilinearizatsiya usuli yordamida chiziqli qilib va suv oqimi



parametrlarining o'zluksizligini hisobga olgan holda, oddiy o'zgarishlardan so'ng biz tenglamani olamiz.

$$\mathbf{E}^k \frac{\partial \mathbf{U}^{k+1}}{\partial x} + \mathbf{F}^k \frac{\partial \mathbf{U}^{k+1}}{\partial y} + \mathbf{G}^k \mathbf{U}^{k+1} = \mathbf{R}^k, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

bu erda  $\mathbf{E}^k$ ,  $\mathbf{F}^k$ ,  $\mathbf{G}^k$ , va  $\mathbf{R}^k$  matritsalarini quyidagicha aniqlanadi

$$\begin{aligned} \mathbf{E}^k &= \mathbf{A}^k + (\mathbf{A}_U^k - \mathbf{U}^k) + \frac{1}{2} \mathbf{A}_U^k \mathbf{U}^k, & \mathbf{F}^k &= \mathbf{B}^k + (\mathbf{B}_U^k - \mathbf{U}^k) + \frac{1}{2} \mathbf{B}_U^k \mathbf{U}^k, \\ \mathbf{G}^k &= \frac{1}{2} \mathbf{A}_U^k \frac{\partial \mathbf{U}^k}{\partial x} + \frac{1}{2} \mathbf{B}_U^k \frac{\partial \mathbf{U}^k}{\partial y} + \mathbf{D}_U^k + \frac{1}{\tau}, & \mathbf{R}^k &= \left( \mathbf{D}_U^k + \frac{1}{\tau} \right) \mathbf{U}^k - \mathbf{D}^k \end{aligned} \quad (6)$$

Bu erda  $\mathbf{A}_U^k = \left( \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial \mathbf{U}} \right)_k$ ,  $\mathbf{B}_U^k = \left( \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial \mathbf{U}} \right)_k$ ,  $\mathbf{D}_U^k = \left( \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial \mathbf{U}} \right)_k$ .

Shunday qilib, har bir bosqichda biz oldingi bosqichdagi ma'lumotlarga asoslanib, noma'lum  $\mathbf{U}^{k+1}$  vektorlari uchun tenglama oldik. Dastlabki va chegaraviy shartlar ham vaqt bo'yicha diskretlashtiriladi.

$\mathbf{U}^{k+1}(x, y)$  ko'rinishida taxminiy echim izlanadi

$$\mathbf{U}_{N_i}^{k+1}(x, y) = \sum_{i=1}^{N_i} \mathbf{Q}_i \varphi_i(x, y), \quad (7)$$

bu erda  $\mathbf{Q}_i$  noma'lum koeffitsientlarning vektor matritsasi va o'zgaruvchilarni aniqlash sohasi elementlarining yaqinlashuvdagi funktsiyalar soni va  $\varphi_i(x, y)$  - uchburchak va to'rtburchakdagi chiziqli yoki kvadrat asosli funktsiyalar [3, 4].

O'zgaruvchilarni aniqlash sohasining ichki nuqtalarida  $\mathbf{Q}_i$  koeffitsientlarini aniqlash uchun tenglamalar tizimi qo'llaniladi.

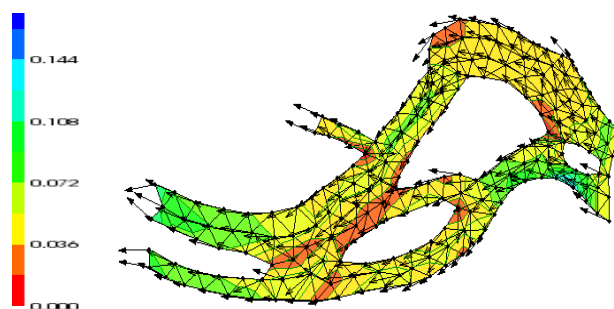
$$\sum_{i=1}^{N_i} \mathbf{Q}_i \int_{\Omega_j} \left( \mathbf{E}^k \frac{\partial \varphi_i(x, y)}{\partial x} + \mathbf{F}^k \frac{\partial \varphi_i(x, y)}{\partial y} + \mathbf{G}^k \varphi_i(x, y) - \mathbf{R}^k \right) dx dy = 0, \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (8)$$

Yuqoridagi usul yordamida ikki o'lchovli suv oqimini modellashtirish natijalarini daryo tubi va figurali cho'ktiruvchi idish misolida ko'rsatamiz.

Quyidagi holatlar uchun kompyuterda ikki o'lchovli beqaror suv harakatini simulyatsiya qildik.

Misol 1. Murakkab geometrik shakllarga ega daryo o'ti (1-rasm). Daryoning o'zan qismi uchburchak elementlarga bo'linadi, ular murakkab hududlarni yaqinlashtirish uchun qo'laydir. Butun kanal bo'ylab boshlang'ich shartlar shunday olinadiki, suv oqimi nolga teng va chuqurligi 3,0 m. Suyuqlikning to'rtta chegarasi mavjud, ikkitasida suv oqimining o'zgarishi 1000 va 160 m<sup>3</sup>/s, qolgan ikkitasida esa suv gorizontlari 3,0 m ga o'rnatiladi.

1-rasmda. tezliklarning diagrammalari, oqimning erkin yuzasi va jarayon boshlanganidan keyin 15 soatdan keyin suv oqimi tezligining yo'nalishi ko'rsatilgan. Tezlik diagrammasidan yuqori tezliklar mavjud bo'lgan joylarni ko'rish mumkin, ya'ni yuvish joylari va tezligi past bo'lgan joylarda loyqalanish joylari.



1-rasm. Murakkab geometrik shakllarga ega daryo tubi

Tezlik diagrammasidan ko‘rinib turibdiki, cho‘kindi cho‘kindining kengligi kengayishi bilan tezliklar pasayadi va eng past tezliklar cho‘kindi tankining toraygan qismining o‘rtasida bo‘ladi, bu esa eng zaif joylarni aniqlash imkonini beradi. Sedimentatsiya tankining loyilanishi.

Shunday qilib, kosmosdagi suv xo‘jaligi ob‘ektlari parametrlarining ko‘p o‘lchovlilikini hisobga olgan holda, suv oqimini modellashtirish uchun chekli elementlar usulidan foydalanish suv resurslarining vaqtinchalik jarayonlari dinamikasini kompyuterda tahlil qilish va suv resurslarining sifat va miqdoriy xususiyatlarini aniqlash imkonini beradi. Daryo tubining uzunligi, kengligi va kanal uchastkasi bo‘ylab suv oqimining xususiyatlari, shuningdek ulardagi yangi inshootlarning loyiha parametrlarini aniqlash va mavjud gidrotexnik inshootlarning, kanallar, daryolar va boshqa suvlarning ekspluatatsion parametrlarini yaxshilash imkonini beradi.

#### Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Н.Е.Вольцингер, Р.В.Пясковский. Основные океанологические задачи теории мелкой воды. Л. Гидрометиздат, 1968, – 300 с.
2. Кюнж Ж.А., Холли Ф.М., Вервей А. Численные методы в задачах речной гидравлики. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 253 с.
3. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. М. Наука, 1981. – 416 с.
4. Треногин В.А. Функциональный анализ. М. Наука, 1980. – 495 с.

### HILBERT FAZOSIDA FURYE KOEFFITSIYENTLARINI HISOBLASH UCHUN GIPERBOLIK FUNKSIYALARGA ANIQ OPTIMAL KVADRATUR FORMULA

A.I. Kurbonnazarov <sup>1,a)</sup>, N.D. Boltayev <sup>2,b)</sup>

<sup>1</sup>O‘zR FA V.I.Romanovskiy nomidagi Matematika instituti, Toshkent, 100174, O‘zbekiston

<sup>2</sup>Angren unversiteti, 110200, O‘zbekiston

Mualliflar elektron pochtasi

<sup>a)</sup>mumin\_1974@inbox.ru, <sup>b)</sup>nboltayev@list.ru

Integrallarni taqribiy hisoblash uchun Hilbert fazolarida kvadratur formula qurish amaliyotda juda muhim. Kvadratur formulalar qurishdagi olingan natijalar turli tabiiy jarayonlarning mukammal matematik modellarini ishlab chiqish imkonini beradi.

Shu maqsadda quyidagi yo‘nalishlar bo‘yicha ilmiy tadqiqotlarni amalga oshirish hisoblash matematikasining asosiy masalalaridan hisoblanadi:

- 1) Furye koeffitsiyentlarini sonli hisoblash.
- 2) Turlicha Hilbert fazolarida optimal kvadratur formulalar qurish va ularning xatoliklarini baholash.

Biz bu ishda, Sobolev usuliga asoslanib,  $\omega h \in \mathbb{Z}$ ,  $\omega \in \mathbb{R}$ ,  $\omega \neq 0$ , bo‘lgan holda Furye koeffitsiyentlarini taqribiy hisoblash uchun optimal kvadratur formulani quramiz.

Shu munosabat bilan quyidagi kvadratur formulani ko‘rib chiqamiz

$$\int_0^1 f(x) e^{2\pi i \omega x} dx \cong \sum_{\beta=0}^N C[\beta] f[\beta], \quad (1)$$

bu erda  $C[\beta]$  bu (1)-ko‘rinishdagi kvadratur formulaning koeffitsiyentlari,  $[\beta] = h\beta$  ( $\beta = \overline{0, N}, h = \frac{1}{N}$ ) tugun nuqtalar.

$f$  funksiyalar  $K_2^{(3)}(0,1)$  fazosiga tegishli bo‘lib, ushbu fazo quyidagicha aniqlanadi (qarang [1], 209-bet)

$$K_2^{(3)}(0,1) = \{f : [0,1] \rightarrow \mathbb{C} \mid f \text{ "absolyut uzluksiz, } f''' \in L_2(0,1)\}.$$

Ushbu fazo, ma‘lum faktorizasiyadan so‘ng quyidagi skalyar ko‘paytma bilan Hilbert fazosini hosil qiladi [2]

$$\langle f, g \rangle_{K_2^{(3)}} = \int_0^1 (\overline{f''''(x)} - \overline{f''(x)}) (g''(x) - g'(x)) dx. \quad (2)$$

Bu Hilbert fazo (2)-skalyar ko‘paytmaga asoslangan quyidagi norma bilan ta‘minlangan

$$\|f\|_{K_2^{(3)}} = \left[ \int_0^1 (\overline{f''''(x)} - \overline{f''(x)}) (f''(x) - f'(x)) dx \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (3)$$

Ta‘kidlash joizki, ushbu fazoning nol elementi quyidagi ko‘rinishdagi funksiyalar ekvivalent sinfi bo‘ladi

$$\theta(x) = b_1 + b_2 \sinh(x) + b_3 \cosh(x), b_1, b_2, b_3 \in \mathbb{C}. \quad (4)$$

Ma‘lumki, aniq bir fazoda kvadratur formulalarni qurishda kvadratur yig‘indining integralga yaqinlashishi o‘rganiladi. Bu holda olingan xatoni baholash zarur.

Integral bilan kvadratur yig‘indi oradidagi farq

$$(\ell, f) = \int_0^1 e^{2\pi i \omega x} f(x) dx - \sum_{\beta=0}^N C_\beta f(h\beta) \quad (5)$$

(1)-ko‘rinishdagi kvadratur formulaning xatoligi deyiladi va bu ayirmaga ushbu

$$\ell(x) = e^{2\pi i \omega x} \varepsilon_{[0,1]}(x) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \delta(x - h\beta) \quad (6)$$

ko‘rinishdagi xatolik funksionali to‘g‘ri keladi, bu erda  $\varepsilon_{[0,1]}(x)$  bu  $[0,1]$  kesmaning xarakteristik funksiyasi,  $\delta(x)$  esa Dirakning delta-funksiyasi.

Ushbu (1)-ko‘rinishdagi kvadratur formulaning xatoligi,  $\ell(x)$  xatolik funksionalning  $f$  dagi qiymatiga teng.

Bu funksional uzluksiz va chegaralangan, uning normasi chekli va quyidagicha aniqlanadi

$$\|\ell\|_{K_2^{(3)*}} = \sup_{f, \|f\|_{K_2^{(3)}} \neq 0} \frac{|(\ell, f)|}{\|f\|_{K_2^{(3)}}}. \quad (7)$$

Bu (7) dan (1)-ko‘rinishdagi kvadratur formulaning (5)-xatoligining yuqoridan bahosini olamiz:

$$|(\ell, f)| \leq \|\ell\|_{K_2^{(3)*}} \cdot \|f\|_{K_2^{(3)}}. \quad (8)$$

Bu (7)-tengsizlikdan ko‘rinib turibdiki, xatolikning absolyut qiymatining yuqori bahosi, xatolik funksionali normasi bilan bog‘liq.

O'z navbatida, bu  $K_2^{(3)}(0,1)$  fazoda (3)-normaning yadrosiga kirmaydigan va bu fazoga kiruvchi elementlar normasi musbat chekli sonidir. Shuning uchun bu fazoga tegishli har qanday element uchun (1)-ko'rinishdagi kvadratur formula (5)-xatoligi va u yuqoridan (8)-tengsizlik yordamida baholanadi. Buning uchun xatolik funksionali  $\ell$  ning normasi uchun ifodani topishimiz kerak. Shubhasiz,  $\ell$  ning normasi (1)-kvadratur formulaning  $C_\beta$  koeffitsiyentlariga bog'liq chegaralangan funksiyadir.

$\ell$  xatolik funksionalining normasiga eng kichik qiymat beradigan  $C_\beta$  koeffitsiyentlar (1)-ko'rinishdagi kvadratur formulaning  $K_2^{(3)}(0,1)$  fazodagi optimal koeffitsiyentlari deyiladi hamda ular  $\overset{\circ}{C}[\beta], \beta = 0, 1, \dots, N$  bilan belgilanadi.

Demak,  $K_2^{(3)}(0,1)$  Hilbert fazosida  $\omega h \in \mathbb{Z}, \omega \neq 0$  bo'lgan holda optimal kvadratur formulaga ega bo'lish uchun biz quyidagi asosiy 2 ta masalani hal qilishimiz kerak bo'ladi.

1) Birinchidan, Hilbert fazosida aniqlangan (6)-ko'rinishdagi  $\ell$  xatolik funksionali uchun uning normasini ko'rinishini topish;

2) Ikkinchidan  $\|\ell\|_{K_2^{(3)*}}$  normaga eng kichik qiymat beruvchi  $C_\beta, \beta = 0, 1, \dots, N$  (agar mavjud bo'lsa) koeffitsiyentlarni topish.

Ushbu ish shu ikkita masalani echishga bag'ishlangan bo'lib, bunda (1) ko'rinishdagi optimal kvadratur formulaning koeffitsiyentlari to'liq aniqlangan.

### Adabiyotlar

1. Alberg, J., Nilson, E. and Walsh, J. 1972. Spline theory and its applications. Mir, Moscow, 1972, 316 pages.
2. K. Atkinson and W. Han., Theoretical Numerical Analysis. (Springer. Textbook. USA., 2000) pp. 83–84.

## CHEKLI ELEMENTLAR USULLARI UCHUN YANGI ALGEBRAIK – TRIGONOMETRIK BAZIS FUNKSIYALARNI QURISH

N. N. Doniyorov<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup> V.I.Romanovskiy nomidagi Matematika instituti, Universitet ko'chasi 9-uy, Toshkent 100174, O'zbekiston.

<sup>2</sup> Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, Universitet ko'chasi 4-uy, Toshkent 100174, O'zbekiston.

Muallif elektron pochtasi  
doniyorovnn@mail.ru

Ushbu ishda biz differensiallanuvchi funksiyalarning  $K_{2,\omega}^{(m)}$  Hilbert fazosida  $\varphi(x)$  funksiyani  $P_m(\varphi, x)$  interpolyatsion funksiya bilan optimal interpolyatsiya qilish masalasini qaraymiz. Ta'kidlash joizki, bunda hosil qilingan optimal interpolyatsion formula koeffitsiyentlari mos fazoda chekli elementlar usuli uchun bazis funksiyalar vazifasini bajaradi.

Bu yerda  $K_{2,\omega}^{(m)}$  Hilbert fazosi quyidagicha aniqlanadi

$$K_{2,\omega}^{(m)} = \left\{ \varphi : [0,1] \rightarrow \mathbb{R} \mid \varphi^{(m-1)} - \text{absolyut uzluksiz va } \varphi^{(m)} \in L_2(0,1) \right\}$$

hamda quyidagi norma bilan ta'minlangan

$$\|\varphi\|_{K_{2,\omega}^{(m)}} = \int_0^1 \left( \varphi^{(m)}(x) + \omega^2 \varphi^{(m-2)}(x) \right)^2 dx$$

bu erda  $\omega$  – noldan farqli ixtiyoriy haqiqiy son.

Bizga  $0 \leq x_0 < x_1 < \dots < x_N = 1$  interpolyatsiya tugunlari va  $\varphi(x)$  funksiyaning bu tugun nuqtalardagi  $\varphi(x_0), \varphi(x_1), \dots, \varphi(x_N)$  qiymatlari berilgan bo'lsin. Ushbu

$$\varphi(x) \cong P_m(\varphi, x) = \sum_{\beta=0}^N C_\beta(x) \varphi(x_\beta) \quad (1)$$

taqribiy tenglikka interpolyatsion formula deyiladi, bunda  $C_\beta(x) (\beta=0, 1, \dots, N)$  formulaning koeffitsiyentlari hisoblanadi.

(1)–ko‘rinishdagi interpolyatsion formula

$$\varphi(x_\beta) = P_m(\varphi, x_\beta), \quad \beta = 0, 1, \dots, N$$

interpolyatsiya shartlarini qanoatlantiradi. Quyidagi

$$(\ell, \varphi) = \varphi(x) - P_m(\varphi, x)$$

tenglikka (1)–ko‘rinishdagi interpolyatsion formulaning xatoligi deyiladi. Bu erda  $\ell$  bu (1)–ko‘rinishdagi interpolyatsion formulaning xatolik funksionali bo‘lib, u

$$\ell(x, z) = \delta(x-z) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta(z) \delta(x-x_\beta), \quad x_\beta = h\beta, \quad h = \frac{1}{N}$$

tenglik orqali aniqlanishini ko‘rish qiyin emas.

Xatolik funksionali normasiga eng kichik qiymat beruvchi  $C_\beta(z) = \overset{\circ}{C}_\beta(z) (\beta=0, 1, \dots, N)$  koeffitsiyentlarga ega (1)–ko‘rinishdagi formulaga optimal interpolyatsion formula deyiladi, mos  $\overset{\circ}{C}_\beta(z)$  koeffitsiyentlarga optimal koeffitsiyentlar deyiladi.

Ushbu ishda asosiy maqsad  $z^\alpha (\alpha=0, 1, \dots, m-3)$ ,  $\sin(\omega z)$  va  $\cos(\omega z)$  funksiyalarga aniq bo‘lgan optimal interpolyatsion formula qurishdir.

Ishning asosiy natijasi sifatida (1)–ko‘rinishdagi optimal interpolyatsion formula koeffitsiyentlarining analitik ko‘rinishi uchun quyidagi ifodalar olindi.

**Teorema 1.** Ushbu  $K_{2,\omega}^{(m)}$  Hilbert fazosida (1)–ko‘rinishdagi optimal interpolyatsion formulaning koeffitsiyentlari uchun quyidagi ifodalar o‘rinlidir:

$$\begin{aligned} \overset{\circ}{C}_0(z) = & p \sum_{k=1}^{m-1} A_k (M_k + \lambda_k^N N_k) + p \left( CG_m(z) + G_m(z-h) + \sum_{k=1}^{m-1} \frac{A_k}{\lambda_k} \sum_{\gamma=0}^N \lambda_k^\gamma G_m(z-h\gamma) \right) + \\ & + p \left( \frac{(-1)^{m+1}}{4\omega^{2m-1}} \omega h \cos(\omega h + \omega z) - d_1^- \sin(\omega h) + d_2^- \cos(\omega h) + \right. \\ & \left. + \sum_{i=0}^{m-3} p_i^- (-h)^i - \sum_{\alpha=0}^{2m-5} r_\alpha (-h)^\alpha \right), \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \overset{\circ}{C}_\beta(z) = & p \sum_{k=1}^{m-1} A_k (\lambda_k^\beta M_k + \lambda_k^{N-\beta} N_k) + p (G_m(z-h(\beta-1)) + CG_m(z-h\beta) + \\ & + G_m(z-h(\beta+1)) + \sum_{k=1}^{m-1} \frac{A_k}{\lambda_k} \sum_{\gamma=0}^N \lambda_k^{|\gamma-\beta|} G_m(z-h\gamma)), \quad \beta = 1, 2, \dots, N-1, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\overset{\circ}{C}_N(z) = p \sum_{k=1}^{m-1} A_k (\lambda_k^N M_k + N_k) + p \left( CG_m(z-1) + G_m(z-1+h) + \sum_{k=1}^{m-1} \frac{A_k}{\lambda_k} \sum_{\gamma=0}^N \lambda_k^{N-\gamma} G_m(z-h\gamma) \right) +$$

$$\begin{aligned}
& + p \left( \frac{(-1)^{m+1}}{4\omega^{2m-1}} (\omega h + \omega) \cos(\omega h + \omega - \omega z) + d_1^+ \sin(\omega h + \omega) + d_2^+ \cos(\omega h + \omega) + \right. \\
& \left. + \sum_{i=0}^{m-3} p_i^+ (1+h)^i + \sum_{\alpha=0}^{2m-5} r_\alpha (1+h)^\alpha \right). \tag{4}
\end{aligned}$$

Ushbu (2)–(4) ifodalarda tenglikning o‘ng tomonidagi kattaliklar barchasi ma’lum kattaliklardir.

## WEIGHTED OPTIMAL QUADRATURE FORMULA WITH DERIVATIVE IN THE SPACE $W_2^{(2,1)}$

A.R.Hayotov<sup>1,3,a)</sup>, S.S. Babaev<sup>1,2,4,b)</sup>

<sup>1</sup>*V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>2</sup>*Tashkent International University, Tashkent, Uzbekistan,*

<sup>3</sup>*Central Asian University, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>4</sup>*Bukhara State University, Bukhara, Uzbekistan*

Author Emails

a)hayotov@mail.ru, b)bssamandar@gmail.com

The construction of quadrature formulas involves determining the nodes and weights associated with these nodes to approximate definite integrals. In addition, and even more critically, quadrature formulas provide an essential tool for the numerical solution of differential and integral equations. Several methods exist for constructing quadrature formulas, each with its approach. One of these approaches is based on variational methods. The variational approach for constructing quadrature formulas is based on variational principles and functionals. In this approach, the goal is to find the optimal nodes and weights that minimize or maximize a certain functional associated with the approximation of the integral. Optimal quadrature formulas with derivatives are essential in terms of achieving a high order of approximation.

Let a table containing values  $\varphi(x_\beta)$  and  $\varphi'(x_\beta)$  at points  $x_\beta \in [0,1]$  for functions  $\varphi$  be given, where  $\beta = 0, 1, \dots, N$ . We assume that these functions belong to the Hilbert space

$W_2^{(2,1)}(0,1) = \{\varphi: [0,1] \rightarrow \mathbb{R} \mid \varphi' \text{ is abs. cont. and } \varphi'' \in L_2(0,1)\}$ ,  
equipped with the norm

$$\|\varphi \mid W_2^{(2,1)}(0,1)\| = \left\{ \int_0^1 (\varphi''(x) + \varphi'(x))^2 dx \right\}^{1/2},$$

where  $\int_0^1 (\varphi''(x) + \varphi'(x))^2 dx < \infty$ , and the inner product in this space is defined by the following formula

$$\langle \varphi, \psi \rangle = \int_0^1 (\varphi''(x) + \varphi'(x))(\psi''(x) + \psi'(x)) dx.$$

We consider a quadrature formula in the space  $W_2^{(2,1)}(0,1)$  given by

$$\int_0^1 p(x)\varphi(x)dx \cong \sum_{\beta=0}^N C_{\beta,0}\varphi(x_\beta) + \sum_{\beta=0}^N C_{\beta,1}\varphi'(x_\beta). \tag{1}$$

Optimizing this type of quadrature formula by coefficients  $C_{\beta,0}$  and  $C_{\beta,1}$  is a complex problem. In constructing this quadrature formula, we perform successive optimizations. That

is, we take coefficients of optimal quadrature formula in work [1, Theorem 1.6.1.] instead of  $C_{\beta,0}$  and optimize the quadrature formula (1) with respect to coefficients  $C_{\beta,1}$ .

The following is true.

**Theorem 1.** *Coefficients of the optimal quadrature formula (1) with equidistant nodes in the space  $W_2^{(2,1)}(0,1)$  have the following forms:*

$$C_{0,1} = \frac{2}{1-e^{2h}} \left( \frac{g}{4} (1-e^{2h}) + F_2(0) - e^h F_2(h) \right),$$

$$C_{\beta,1} = \frac{2}{1-e^{2h}} \left( -e^h (F_2(h(\beta-1)) + F_2(h(\beta+1))) + (1+e^{2h})F_2(h\beta) \right), \quad \beta = 1, 2, \dots, N-1,$$

$$C_{N,1} = \frac{2}{1-e^{2h}} \left( \frac{eg}{4} (1-e^{2h}) + e^h (e^h F_2(1) - F_2(1-h)) \right)$$

here

$$F_2(h\beta) = \sum_{\gamma=0}^N C_{\gamma,0} G_2'(x_\beta - x_\gamma) + \int_0^1 p(x) G_2'(x - x_\beta) dx,$$

$$g = \sum_{\gamma=0}^N C_{\gamma,0} e^{-x_\gamma} - \int_0^1 p(x) e^{-x} dx,$$

$$G_2'(x) = \frac{\text{sign}(x)}{2} \left( \frac{e^x + e^{-x}}{2} - 1 \right).$$

## Reference

1. Kh. M. Shadimetov, Optimal lattice quadrature and cubature formulas in Sobolev spaces. (T.: Fan va texnologiya, 2019) p. 224.

## OPTIMAL QUADRATURE FORMULAS FOR SINGULAR INTEGRALS OF CAUCHY TYPE IN $L_2^{(m)}(-1,1)$

D.M.Akhmedov<sup>1, 2, a)</sup>, Sh.E.Aliev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> V.I. Romanovsky Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of Uzbekistan.

<sup>2</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Author Email

axmedovdilshod@mail.ru

Many problems of science and engineering are naturally reduced to singular integral equations. Moreover, plane problems are reduced to one dimensional singular integral equation (see [1]). The theory of one dimensional singular integral equation is given, for example, in [2,3]. It is known that the solutions of such integral equations are expressed by singular integrals. Therefore, approximate calculation of singular integrals with high exactness is *actual problem of numerical analysis*.

In this work, for the approximate calculation of singular integrals of the Cauchy type

$\int_{-1}^1 \frac{\varphi(x)}{x-t} dx$ , an optimal quadrature formula of the form  $\sum_{\beta=0}^N C_\beta \varphi(x_\beta - 1)$ , is constructed, where

$-1 < t < 1$ ,  $\varphi(x)$  is an integrand,  $\varphi(x) \in L_2^{(m)}(-1,1)$ ,  $C_\beta$  are the coefficients,  $x_\beta$  are the nodes,  $N \in \mathbb{N}$ .

In particular, from the results of this work at  $m=2$  the result of work [4] is obtained.

## Reference

1. I.K. Lifanov. The method of singular equations and numerical experiments. TOO "Yanus", Moscow, 1995. -520p.
2. F.D. Gakhov. Boundary problems. Nauka, Moscow, 1977. -640p.
3. N.I. Muskhelishvili. Singular Integral Equations. Nauka, Moscow, 1968. -512p.
4. Kh.M.Shadimetov, A. R. Hayotov, D.M. Akhmedov. Optimal quadrature formulas for the Cauchy type singular integral in the Sobolev space  $L_2^{(2)}(-1,1)$ . American Journal of Numerical Analysis, 2013, Vol. 1, No.1, 22-31.

## OPTIMAL QUADRATURE FORMULA FOR RECONSTRUCTION OF TOMOGRAPHIC IMAGES OF RADIAL SYMMETRIC FUNCTIONS

D.M.Akhmedov<sup>1,2</sup>, S.A.Hayotova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> V.I. Romanovsky Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of Uzbekistan.

<sup>2</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek.

Author Email

axmedovdilshod@mail.ru

Computing the Radon transform and the inverse Radon transform of radially symmetric functions is a relatively simpler problem in CT reconstruction. The Radon transform calculated here is the Abelian transform known long before Radon, regardless of the rotation angle of the projection calculation. The problem of finding the original function itself when the Radon transform of the radially symmetric function is known is reduced to solving the following "external" Abel integral equation

$$\int_{|s|}^{\infty} \frac{2rf(r)dr}{\sqrt{r^2 - s^2}} = R(s), \quad (1)$$

where  $R(s)$  is the Radon transform of the radially symmetric function  $f(r)$ , usually known, and  $f(r)$  is a function to be found. The solution of equation (1) has the following form [1]

$$f(r) = -\frac{1}{\pi r} \frac{d}{dr} \int_r^{\infty} \frac{sR(s)ds}{\sqrt{s^2 - r^2}}. \quad (2)$$

In the present work we consider the problem of approximate calculation of the integrals (2) using the following quadrature formula

$$\int_r^a \frac{sR(s)ds}{\sqrt{s^2 - r^2}} \cong \sum_{k=0}^N A_k \cdot R(s_k) \quad (3)$$

in the Sobolev space  $L_2^{(1)}(r, a)$ . Here  $A_k$  and  $s_k$  are the coefficients and nodes of the quadrature formula,  $N$  is a natural number. Using this quadrature formula, when the Radon transform of radially symmetric functions is known, we reconstruct the function  $f(r)$  with sufficiently high accuracy.

Here the absolute value of the difference between the integral and the quadrature sum is minimized by the coefficients  $A_k$ . The quadrature formula with coefficients  $A_k$  that give the minimum to the error is called the *optimal quadrature formula*. The following is true.

**Theorem.** In the space  $L_2^{(1)}(r, a)$  coefficients  $A_k$  of the optimal quadrature formulas of the form (3) are defined by formulas

$$A_0 = \frac{h^{-1}}{2} \left[ (h+r)\sqrt{h^2 + 2hr} - r^2 \ln \left| \frac{h+r+\sqrt{h^2 + 2hr}}{r} \right| \right],$$



$$A_k = \frac{h^{-1}}{2} \left[ (h(k+1) + r)T(h(k+1)) - 2(hk + r)T(hk) + (h(k-1) + r)T(h(k-1)) \right. \\ \left. + r^2 \ln \left| \frac{(hk + r + \sqrt{T(hk)})^2}{(h(k+1) + r + \sqrt{T(h(k+1))))(h(k-1) + r + \sqrt{T(h(k-1))})} \right| \right] \\ A_N = \frac{h^{-1}}{2} \left[ (-a + 2h)\sqrt{a^2 - r^2} + (a - h)\sqrt{(a - h)^2 - r^2} + r^2 \ln \left| \frac{a + \sqrt{a^2 - r^2}}{a - h + \sqrt{(a - h)^2 - r^2}} \right| \right],$$

where  $T(hk) = \sqrt{(hk)^2 + 2(hk)r}$ ,  $h = \frac{a-r}{N}$ ,  $N \in \mathbb{N}$ .

## Reference

1. P.G.Dolya, Introduction to mathematical methods of computer tomography, Kharkov National University of Mechanics and Mathematics Faculty, 2015, 139p.

## COEFFICIENTS OF THE OPTIMAL QUADRATURE FORMULAS WITH DERIVATIVES

F.A.Nuraliev<sup>1,2,a)</sup>, Sh.S.Kuziev<sup>2,b)</sup>

<sup>1</sup> Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup> V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Author Emals

<sup>a)</sup> f.nuraliev79@gmail.com

<sup>b)</sup> Corresponding author: shahobiddin.qoziyev.89@gmail.com

Numerical analysis is a branch of mathematics that deals with the development of effective methods for obtaining numerical solutions to complex problems. Due to the development of computing technology, numerical problem solving is developing. As a result, many practical software packages (Mathlab, Wolframalfa, Maple, C++, etc.) were created to solve complex problems effectively and easily. These applications solve problems using numerical methods, where the user can get results by entering the necessary variables without knowing the theoretical side of the numerical method. So, the question arises as to why we need to learn the number of methods when the application package is created. Here are some reasons to have a basic understanding of the theoretical foundations of numerical methods:

1. The study of numerical methods and their analysis allows the development of new numerical methods or, if the existing methods do not provide sufficient accuracy, it is necessary to choose another effective method.

2. There are many ways to solve problems, but it is important to choose the right method to achieve a clear result in a short time.

3. It is important to use numerical methods appropriately based on the specifics of the problem, and when the results are not as expected, it is important to understand what is going wrong in the program.

It is known that optimal quadrature formulas with derivative are methods of approximate calculation of definite integrals. They are necessary for calculating the integrals when an antiderivative of the functions under the integral cannot be expressed by elementary functions or the integrand exists only at discrete points. The use of formulas with a high level of algebraic accuracy in the integration of non-smooth functions does not lead to the good results. Therefore, it is important to construct optimal quadrature formulas with derivatives in the space of differentiable functions and estimate their errors. In this work, optimal quadrature formulas wuth derivatives are obtained based on the variational approach for the approximate

calculation of definite integrals using the values of the given function up to the second order derivative at the nodes.

We consider the following quadrature formula with derivatives

$$\int_0^1 u(x) dx \cong \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] u(h\beta) + \frac{h^2}{12} (u'(0) - u'(1)) + \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] u''(h\beta) \quad (1)$$

the difference below is called the error of the quadrature formula (1)

$$(\ell_N, u) = \int_0^1 u(x) dx - \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] u(h\beta) - \frac{h^2}{12} (u'(0) - u'(1)) - \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] u''(h\beta)$$

with error functional

$$\ell_N(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x) - \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \delta(x - h\beta) + \frac{h^2}{12} (\delta'(x) - \delta'(x-1)) - \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \delta''(x - h\beta) \quad (2)$$

where  $\varepsilon_{[0,1]}(x)$  is the indicator of the interval  $[0,1]$ ,  $\delta(x)$  is the Dirac delta-function,

$$C_0[\beta] = \begin{cases} \frac{h}{2}, & \beta = 0, N, \\ h, & \beta = \overline{1, N-1}, \end{cases} \quad C_1[\beta], \beta = \overline{0, N} \text{ are unknown coefficients of the formula (1),}$$

$h = \frac{1}{N}$ ,  $N$  is a natural number.

The error functional  $\ell_N(x)$  corresponding to the derived quadrature formula (1) is a linear, continuous functional defined in the conjugate space  $L_2^{(m)*}(0,1)$ .

According to the definition of the functional norm

$$\|\ell_N | L_2^{(m)*}\| = \sup_{\|\varphi | L_2^{(m)}\| \neq 0} \frac{|(\ell_N, \varphi)|}{\|\varphi | L_2^{(m)}\|}$$

from this, using the definition of supremum, we get the Cauchy-Schwarz inequality

$$|(\ell_N, \varphi)| \leq \|\varphi | L_2^{(m)}\| \cdot \|\ell_N | L_2^{(m)*}\|.$$

As it can be seen from this inequality, the error of the derived quadrature formula (1) is estimated by the product of the norm of the error functional  $\ell_N(x)$  obtained from the conjugate space  $L_2^{(m)*}$  and the norm of the function  $u$  obtained from the space  $L_2^{(m)}$ . When  $\|u | L_2^{(m)}\| = 1$

$$\|\ell_N | L_2^{(m)*}\| = \sup_{\|\varphi | L_2^{(m)}\| = 1} |(\ell_N, \varphi)|. \quad (3)$$

Thus, the evaluation of the error of the quadrature formula (1) on the  $L_2^{(m)}(0,1)$  space elements (2) is related to the norm of the error functional  $\ell_N$  in the  $L_2^{(m)*}(0,1)$  conjugate space.  $\ell_N$  The norm of the error function (1) depends on the coefficients and nodes of the quadrature formula. In this work, we solve the problem of minimizing the norm of the  $\ell_N$  error functional only by coefficients when the nodes are fixed. In this work, a quadrature formula with derivatives is constructed using the Sobolev method based on the discrete analog of the  $d^{2m-4} / dx^{2m-4}$  differential operator in  $L_2^{(m)}(0,1)$  space [1-3]. Since the error function  $\ell_N$  is defined in space  $L_2^{(m)}(0,1)$ , it satisfies the following conditions

$$(\ell_N, x^\alpha) = 0, \quad \alpha = 0, 1, 2, \dots, m-1. \quad (4)$$

Therefore, the condition  $N \geq m-2$  must be fulfilled for quadrature formulas with derivatives of the form (1) to be exist. As noted above by the Cauchy-Schwarz inequality, the error of the quadrature formula (1) is estimated by the norm of the error functional (2). Moreover, the norm of the error function (2) depends on  $C_1[\beta]$  coefficients, and we minimize the norm of the error

function by  $C_1[\beta]$  coefficients.  $C_1[\beta]$  coefficients that satisfy equality (3) are called optimal coefficients and are denoted by  $\overset{\circ}{C}_1[\beta]$ , and the corresponding quadrature formula is called the optimal quadrature formula. Thus, in order to construct the optimal quadrature formula with derivatives in the form (1), we need to solve the following problems [5].

**Problem 1.** Finding the general view of the error functional norm (2) of the quadrature formula with derivatives of the form (1) in  $L_2^{(m)*}(0,1)$  space.

**Problem 2.** To find the coefficients that give the minimum to the norm of the error functional.

To solve Problem 1, we use the Riess theorem about the general form of a linear continuous functional and the concept of an extremal function. The norm of the error function of the quadrature formula can be written as follows [4]:

$$\begin{aligned} \|\ell_N |L_2^{(m)*}(0,1)\|^2 &= (\ell_N, U_\ell) = \left( \ell_N(x), \left( (-1)^m \ell_N(x) * G_m(x) + P_{m-1}(x) \right) \right) \\ \|\ell_N |L_2^{(m)*}\|^2 &= (-1)^m \left[ \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \sum_{\gamma=0}^N C_1[\gamma] \frac{|h\beta - h\gamma|^{2m-5}}{2(2m-5)!} - 2 \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \int_0^1 \frac{|x - h\beta|^{2m-3}}{2(2m-3)!} dx \right. \\ &\quad - \frac{h^2}{6} \sum_{\beta=0}^N C_1[\beta] \left[ \frac{h\beta^{2m-4} + (1-h\beta)^{2m-4}}{2(2m-4)!} \right] + 2 \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \sum_{\gamma=0}^N C_1[\gamma] \frac{|h\beta - h\gamma|^{2m-3}}{2(2m-3)!} \\ &\quad - \frac{h^2}{6} \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \left[ \frac{(h\beta)^{2m-2} + (1-h\beta)^{2m-2}}{2(2m-2)!} \right] - 2 \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \int_0^1 \frac{|x - h\beta|^{2m-1}}{2(2m-1)!} dx \\ &\quad \left. + \sum_{\beta=0}^N C_0[\beta] \sum_{\gamma=0}^N C_0[\gamma] \frac{|(h\beta) - (h\gamma)|^{2m-1}}{2(2m-1)!} + \frac{h^2}{6(2m-1)!} + \frac{1}{(2m+1)!} + \frac{h^4}{144(2m-3)!} \right]. \end{aligned}$$

The following is true.

**Theorem.** Coefficients of the optimal quadrature formula with derivatives in the form (1) in  $L_2^{(m)}(0,1)$  space are determined as follows

$$\begin{aligned} C_1[0] &= h^3 \sum_{k=1}^{m-3} \lambda_k \frac{q_k^N - q_k}{1 - q_k}, \\ C_1[\beta] &= h^3 \sum_{k=1}^{m-3} \lambda_k (q_k^\beta + q_k^{N-\beta}), \quad \beta = \overline{1, N-1}, \\ C_1[N] &= h^3 \sum_{k=1}^{m-3} \lambda_k \frac{q_k^N - q_k}{1 - q_k} \end{aligned}$$

where  $\lambda_k$  satisfy the following system of  $m-3$  linear equations

$$\sum_{k=1}^{m-3} d_k \sum_{i=1}^l \frac{q_k^{N+i} + (-1)^{i+1} q_k}{(1 - q_k)^{i+1}} \Delta^i 0^l = \frac{B_{l+3}}{(l+1)(l+2)(l+3)}, \quad l = \overline{1, m-3},$$

here  $B_{l+3}$  are Bernoulli numbers,  $\Delta^i \gamma^l$  is the finite difference of order  $i$  of  $\gamma^l$ ,  $q_k$  are the roots of the Euler-Frobenius polynomial  $E_{2m-6}(q)$ ,  $|q_k| < 1$ .

## Reference

1. S.L. Sobolev, Introduction to the Theory of Cubature Formulas, Nauka, Moscow, 1974. (in Russian).

2. S.L. Sobolev, The coefficients of optimal quadrature formulas, Selected Works of S.L. Sobolev, Springer, 2006, pp. 561–566.
3. A.R. Hayotov, G.V. Milovanovich, Kh.M. Shadimetov, On an optimal quadrature formula in the sense of Sard. Numerical Algorithms, Vol.57, Issue 4, 2011, 487-510.
4. Kh.M. Shadimetov, F.A. Nuraliev, Sh.S. Kuziev, Optimal quadrature formula of Hermite type in the space of differentiable functions, International Journal of Analysis and Applications, 2024, Vol. 22. Issue 25, pp. 1-13.
5. Kh.M. Shadimetov, A.R. Hayotov, Optimal quadrature formulas with positive coefficients in  $L_2^{(m)}$  space, J. Comput. Appl. Math. Vol. 235, 2011, pp. 1114–1128.

## THE NUMERICAL SOLUTION OF A VOLTERRA INTEGRAL EQUATION OF THE SECOND KIND USING THE GALERKIN METHOD BASED ON THE COEFFICIENTS OF THE OPTIMAL INTERPOLATION

S.S. Babaev<sup>1,2,3,a)</sup>, S.O. Mirzoyeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan,*

<sup>2</sup>*Tashkent International University, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>3</sup>*Bukhara State University, Bukhara, Uzbekistan*

a) Corresponding author: bssamandar@gmail.com

We present the following algorithm for solving a Volterra integral equation of the second kind

$$u(x) = f(x) + \lambda \int_0^x K(x,t)u(t)dt \quad (1)$$

using the Galerkin method based on the coefficients of the optimal interpolation formula in the space  $W_2^{(1,0)}$ .

### Algorithm 1:

1) Let  $F = \text{zeros}(n+1, 1)$

$A = \text{zeros}(n+1, 1)$

$K = \text{zeros}(n+1, n+1)$

$C_i(x)$  are coefficients of the optimal interpolation formula in the space  $W_2^{(1,0)}$  (see, [1])

$$C_i(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x \leq h(i-1), \\ \frac{e^{-(x-hi)} - e^{2h+(x-hi)}}{1 - e^{2h}}, & h(i-1) < x \leq hi, \\ \frac{e^{x-hi} - e^{2h-(x-hi)}}{1 - e^{2h}}, & hi < x \leq h(i+1), \\ 0, & h(i+1) < x \leq 1 \end{cases}$$

here  $h = 1/n$ ;

2) Calculate all entries of vector F such that

$$F_i = \int_0^1 f(x)C_i(x)dx, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n;$$

3) Calculate all entries of the matrix K such that

$$K_{i,j} = \left[ \int_0^1 \left[ C_i(x) + \lambda \int_0^x K(x,t)C_i(t)dt \right] C_j(x)dx, \right] \quad i, j = 0, 1, 2, \dots, n;$$

- 4) Find the unknown vector  $A$  by solving the system  $AK=F$ .
- 5) Substituting the entries of the vector  $A$  at the technique of Galerkin method [2], find an approximate solution  $\bar{u}(x)$  of (1). For this, we assume that

$$\bar{u}(x) = \sum_{i=0}^n A_i C_i(x)$$

- 6) Maximum absolute error =  $Max|u(x) - \bar{u}(x)|$ .

## Reference

1. S.S. Babaev and A.R. Hayotov, Optimal interpolation formulas in the space  $W_2^{(m,m-1)}$ . Calcolo. Springer International Publishing (2019), doi: 10.1007/s10092-019-0320-9.
2. C. Baker, The numerical treatment of integral equations, Oxford Univ.Press, (1977).

## THE NUMERICAL SOLUTION OF A VOLTERRA INTEGRAL EQUATION THE SECOND KIND BY OPTIMAL QUADRATURE FORMULA

S.S. Babaev<sup>1,2,3,a)</sup>, M.N. Ganiyeva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*V.I. Romanovskiy Institute of Mathematics, Uzbekistan Academy of Sciences, Tashkent, Uzbekistan,*

<sup>2</sup>*Tashkent International University, Tashkent, Uzbekistan*

<sup>3</sup>*Bukhara State University, Bukhara, Uzbekistan*

a) Corresponding author: bssamandar@gmail.com

We consider the numerical solution of the following Volterra integral equation of the second kind

$$u(x) = f(x) + \lambda \int_0^x K(x,t)u(t)dt \quad (1)$$

using the optimal weighted quadrature formula in the space  $W_2^{(1,0)}$ . Here  $u(x)$  is unknown function,  $K(x, t)$  is kernel of the integral equation,  $f(x)$  is free term of the integral equation and  $\lambda$  is a real number.

Let's solve the integral equation (1) approximately using optimal quadrature formulas (see chapter 12, [1]). We construct a grid for the interval  $[0,1]$  with nodes  $\{x_i, i = 0, 1, \dots, n\}$ . Equation (1) can be written in terms of the collocation nodes:

$$u(x_i) = f(x_i) + \lambda \int_0^{x_i} K(x_i,t)u(t)dt, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

To solve the system of equations (2), we use finite sums to approximate the integrals.

$$u_i = f_i + \lambda \sum_{j=0}^i C_{ij}u_j \quad i = 0, 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Here  $C_{ij}$  are the coefficients of the weighted optimal quadrature formula in  $W_2^{(1,0)}$  space. The coefficients of optimal quadrature formula

$$\int_0^1 p(x)\varphi(x)dx \cong \sum_{\beta=0}^N C_{\beta} \varphi(h\beta)$$

have the following form

$$C_\beta = \frac{1}{2(1-e^{2h})} \int_0^1 p(x) \left[ \text{sign}(x-h\beta+h)(e^{h\beta-x} - e^{x-h\beta+2h}) + \text{sign}(x-h\beta-h)(e^{h\beta+2h-x} - e^{x-h\beta}) \right. \\ \left. + (1+e^{2h})\text{sign}(x-h\beta)(e^{x-h\beta} - e^{h\beta-x}) \right] dx.$$

Applying above formula for coefficients  $C_{ij}$  and we get

$$C_{ij} = \frac{1}{2(1-e^{2h})} \int_0^{x_i} K(x_i, t) \left[ \text{sign}(t-h\beta+h)(e^{h\beta-t} - e^{t-h\beta+2h}) + \text{sign}(t-h\beta-h)(e^{h\beta+2h-t} - e^{t-h\beta}) \right. \\ \left. + (1+e^{2h})\text{sign}(t-h\beta)(e^{t-h\beta} - e^{h\beta-t}) \right] dt. \quad 0 \leq i \leq n, 0 \leq j \leq i-1.$$

Putting coefficients  $C_{ij}$  into equation (3), we get a system of linear algebraic equations with respect to  $u_i$  that has the following form

$$(1 - \lambda C_{ii})u_i - \lambda \sum_{j=0}^{i-1} C_{ij}u_j = f_i, \quad 0 \leq i \leq n.$$

The solution for this system can be determined as follows

$$u_i = (1 - \lambda C_{ii})^{-1} \left( f_i + \lambda \sum_{j=0}^{i-1} C_{ij}u_j \right), \quad i = 0, 1, \dots, n.$$

## Reference

1. Rainer Kress, Linear integral equations, Springer, (2014), 10.1007/978-1-4614-9593-2.

## CONSTRUCTION OF THE OPTIMAL QUADRATURE FORMULA FOR HIGHLY OSCILLATORY INTEGRALS USING THE PHI FUNCTION METHOD

A.A.Abduaxadov<sup>1,d)</sup>, G.Sh. Yusufova<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup>Bukhara state university, Bukhara, Uzbekistan

Author Emails

<sup>a)</sup> gulhayoyusufova605@gmail.com

<sup>d)</sup> Corresponding author: alibekabduaxadov@gmail.com

In this work, we study the construction of the optimal quadrature formula for highly oscillatory integrals using the phi function method. In this regard, consider quadrature formulas of the form

$$\int_a^b e^{2\pi i \omega x} \cdot f(x) dx = \sum_{k=0}^n A_k f(x_k) + R_n(f), \quad (1)$$

where  $A_k$  and  $x_k$  are coefficients and nodes of the quadrature formula. Let the nodes of the formula be located on the segment  $[a, b]$  as follows

$$a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b, \quad (2)$$

and  $R_n(f)$  is the residual of formula (1).

Suppose that the integrand function  $f(x)$  is from the space  $W_{2,\sigma}^{(1,0)}(a,b)$ , where  $W_{2,\sigma}^{(1,0)}(a,b)$  is the Hilbert space of absolutely continuous functions that are quadratically integrable with the first-order derivative on the interval  $[a, b]$ . The inner product of two functions  $f(x)$  and  $g(x)$  from this space is defined by the following formula

$$\langle f(x), g(x) \rangle = \int_a^b (f'(x) + \sigma f(x))(g'(x) + \sigma g(x)) dx, \quad (3)$$

where  $\sigma \in \mathbb{R}$  and  $\sigma \neq 0$ . This space is provided with the corresponding norm

$$\|f(x)\|_{W_{2,\sigma}^{(1,0)}} = \left( \int_a^b (f'(x) + \sigma f(x))^2 dx \right)^{1/2}. \quad (4)$$

In this paper, we will consider the problem of optimality of a formula in the sense of Sard. We use the one-to-one correspondence between quadrature formulas and  $\varphi$  - functions in this.

For convenience, we introduce the multi-index notations

$$A = (A_0, A_1, \dots, A_n) \text{ and } X = (x_0, x_1, \dots, x_n). \quad (5)$$

The main result of this work is presented in the following theorem

**Theorem 1.** *In the space  $W_{2,\sigma}^{(1,0)}(a,b)$  for each fixed positive integer  $n$ , there is a unique quadrature formula that is optimal in the sense of Sard of the form*

$$\int_a^b e^{2\pi i \omega x} \cdot f(x) dx = \sum_{k=0}^n A_k f(x_k) + R_n(f) \text{ with coefficients}$$

$$A_0 = -\frac{e^{2\pi i \omega x_0}}{2\pi i \omega - \sigma} + \frac{2\sigma e^{\sigma x_0} \left( e^{(2\pi i \omega + \sigma)x_0} \cdot e^{(2\pi i \omega + \sigma)x_1} \right)}{(2\pi i \omega - \sigma)(2\pi i \omega + \sigma)(e^{2\sigma x_0} - e^{2\sigma x_1})},$$

$$A_k = \frac{2\sigma e^{\sigma x_k}}{(2\pi i \omega)^2 - (\sigma)^2} \left( \frac{e^{(2\pi i \omega + \sigma)x_k} - e^{(2\pi i \omega + \sigma)x_{k+1}}}{e^{2\sigma x_k} - e^{2\sigma x_{k+1}}} - \frac{e^{(2\pi i \omega + \sigma)x_{k-1}} - e^{(2\pi i \omega + \sigma)x_k}}{e^{2\sigma x_{k-1}} - e^{2\sigma x_k}} \right), k = 1, 2, \dots, n-1,$$

$$A_n = \frac{e^{2\pi i \omega x_n}}{2\pi i \omega - \sigma} - \frac{2\sigma e^{\sigma x_n} \left( e^{(2\pi i \omega + \sigma)x_{n-1}} - e^{(2\pi i \omega + \sigma)x_n} \right)}{(2\pi i \omega - \sigma)(2\pi i \omega + \sigma)(e^{2\sigma x_{n-1}} - e^{2\sigma x_n})}$$

for fixed nodes  $x_k$ ,  $k = 0, 1, \dots, n$  satisfying the inequality  $a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$ .

## CONSTRUCTION OF OPTIMAL FORMULAS FOR APPROXIMATE SOLUTION OF GENERALIZED ABEL'S INTEGRAL EQUATIONS OF FRACTIONAL ORDER

B.A. Boytillayev

*V.I.Romanovskiy Institute of Mathematics, Uzbekistan Academy of Sciences, 9, University str.,  
Tashkent 100174, Uzbekistan*

Author Email

bboytillayev@gmail.com

In this study, solving the generalized Abel integral equation is reduced to computation of weighted weakly singular integrals. To approximate the resulting integral, a method has been devised for optimizing weighted quadrature formulas within the Hilbert space. This optimization entails constructing optimal quadrature formulas in the sense of Sard, achieved by computing the norms of the error functional of weighted quadrature formulas in the dual Hilbert space. We present a novel approach for the numerical solution of generalized Abel integral equations, accompanied by an error estimation. Using the quadrature formula and the Maple computer algebra system, we calculate exact and approximate values and their errors for several generalized Abel integral equations. These results demonstrate the efficiency of the proposed method.

The Abel integral equation shares a close connection with the concept of fractional integration. Hence, it is fitting to present a solution for the generalized Abel integral equation. Let's delve into the specifics of the following integral equation.

$$\int_0^x \frac{y(t)}{(x-t)^\alpha} dt = f(x). \quad (1)$$

This integral equation is called generalized Abel integral equation, where  $0 < \alpha < 1$ ,  $t \in [0; x)$ ,  $x > 0$ ,  $f(x)$  is a given function (sufficiently smooth function) and  $y(x)$  is unknown function.

The solution to equation (1) is expressed in the following analytical form [1]

$$y(x) = \frac{\sin(\alpha\pi)}{\pi} \left[ \frac{f(0)}{x^{1-\alpha}} + \int_0^x \frac{f'(s)ds}{(x-s)^{1-\alpha}} \right]. \quad (2)$$

Our goal is to calculate the following integral with sufficiently high accuracy

$$\int_0^x \frac{f'(s)ds}{(x-s)^{1-\alpha}}, \quad 0 < \alpha < 1.$$

To accomplish this, we compute the approximate value of a specific integral using a quadrature sum.

Let's examine a quadrature formula in the following form

$$\int_0^t \frac{\varphi(x)dx}{(t-x)^{1-\alpha}} \cong \sum_{\beta=0}^N C_\beta \varphi(h\beta), \quad (3)$$

where  $C_\beta$  are the coefficients,  $h = \frac{t}{N}$ ,  $N$  is a natural number.

Suppose the function  $\varphi(x)$  is an element of the space  $W_2^{(2,1)}(0,t)$ , which is defined as follows

$$W_2^{(2,1)}(0,t) = \left\{ \varphi \mid \varphi : [0,t] \rightarrow \mathbb{R}, \varphi' - \text{absolutely continuous}, \varphi'' \in L_2(0,t) \right\}.$$

The inner product for the functions  $\varphi(x)$  and  $\psi(x)$  of the space  $W_2^{(2,1)}(0,t)$  is introduced as follows

$$\langle \varphi(x), \psi(x) \rangle = \int_0^t (\varphi''(x) + \varphi'(x))(\psi''(x) + \psi'(x)) dx. \quad (4)$$

In addition, the norm corresponding to the inner product (4) in this space is defined as follows

$$\|\varphi\|_{W_2^{(2,1)}} = \sqrt{\int_0^t (\varphi''(x) + \varphi'(x))^2 dx}. \quad (5)$$

The difference between the integral and the quadrature sum is called of the quadrature formula (3)

$$(\ell, \varphi) = \int_0^t \frac{\varphi(x)dx}{(t-x)^{1-\alpha}} - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \varphi(h\beta). \quad (6)$$

This difference corresponds to of the form

$$\ell(x) = \frac{\varepsilon_{[0,t]}(x)}{(t-x)^{1-\alpha}} - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \delta(x-h\beta), \quad (7)$$

here,  $\varepsilon_{[0,t]}(x)$  is the characteristic function of the interval  $[0; t]$ ,  $\delta(x)$  is the Dirac delta-function.



It should be noted that the error functional  $\ell$  is defined in the space  $W_2^{(2,1)}(0,t)$ , it satisfies the following conditions

$$(\ell, e^{-x}) = 0, (\ell, 1) = 0.$$

Thus, in order to construct an optimal quadrature formula in the sense of Sard in  $W_2^{(2,1)}(0,t)$ , we need to solve the following problems:

**Problem 1.** Determine the norm of the error functional  $\ell$  for the specified quadrature formula (3).

**Problem 2.** Find the coefficients  $C_\beta$  that give the minimum to the norm of the error functional  $\ell$ .

As a result of the above problems, we present the next theorems.

We present the representation of the norm of the error functional for the quadrature formula (3). Finding the representation of the norm of the error functional is presented in the work [3].

**Theorem 1.** In the space  $W_2^{(2,1)}(0,t)$  the squared norm of the error functional  $\ell$  has the form

$$\|\ell\|_{W_2^{(2,1)*}}^2 = \int_0^t \int_0^t \frac{G_2(x-y)dydx}{(t-x)^{1-\alpha}(t-y)^{1-\alpha}} - 2 \sum_{\beta=0}^N C_\beta \int_0^t \frac{G_2(x-h\beta)dx}{(t-x)^{1-\alpha}} + \sum_{\beta=0}^N \sum_{\gamma=0}^N C_\beta C_\gamma G_2(h\beta-h\gamma),$$

$$\text{where } G_2(x) = \frac{\text{sign}x}{2} \left( \frac{e^x - e^{-x}}{2} - x \right).$$

We obtain the following theorem for the coefficients  $C_\beta$  ( $\beta = 0, 1, 2, \dots, N$ ) [4].

**Theorem 2.** In the space  $W_2^{(2,1)}(0,t)$  the coefficients of the optimal quadrature formula of the form (3) are determined by the following equalities:

$$C_0(t) = p \left[ \frac{A_1}{\lambda_1} \left( M_1 + \lambda_1^N N_1 + \sum_{\gamma=0}^N \lambda_1^\gamma f_2(h\gamma) \right) + 2Cf_2(0) - 2e^h (U_2(-h) + f_2(h)) \right], \quad \beta = 0;$$

$$C_\beta(t) = p \left[ \frac{A_1}{\lambda_1} \left( \lambda_1^\beta M_1 + \lambda_1^{N-\beta} N_1 + \sum_{\gamma=0}^N \lambda_1^{|\beta-\gamma|} f_2(h\gamma) \right) + 2Cf_2(h\beta) - 2e^h (f_2(h(\beta-1)) + f_2(h(\beta+1))) \right],$$

$$\beta = 1, \dots, N-1;$$

$$C_N(t) = p \left[ \frac{A_1}{\lambda_1} \left( \lambda_1^N M_1 + N_1 + \sum_{\gamma=0}^N \lambda_1^{N-\gamma} f_2(h\gamma) \right) + 2Cf_2(t) - 2e^h (f_2(t-h) + U_2(t+h)) \right],$$

$$\beta = N,$$

where

$$M_1 = \lambda_1 \left[ -\frac{ge^{-h}}{4(1-\lambda_1 e^{-h})} - \frac{hg_0}{2(1-\lambda_1)^2} + \frac{d^- e^h}{1-\lambda_1 e^h} + \frac{f_2(0) + \frac{g}{4} - d^-}{1-\lambda_1} \right];$$

$$N_1 = \lambda_1 \left[ \frac{e^{h+t} g}{4(1-\lambda_1 e^h)} - \frac{hg_0}{2(1-\lambda_1)^2} + \frac{d^+ e^{-h-t}}{1-\lambda_1 e^{-h}} + \frac{f_2(t) - \frac{e^t g}{4} - d^+ e^{-t}}{1-\lambda_1} \right].$$

## References

1. Samko S. G., Kilbas A.A., Marichev O.I. *Fractional integrals and derivatives : theory and applications*. Philadelphia, Pa., USA :Gordon and Breach Science Publishers, c1993. 976 p.
2. X.M. Шадиметов, А.Р. Хаётов. *Оптимальная аппроксимация функционалов погрешностей квадратурных и интерполяционных формул в пространствах дифференцируемых функций*. Монография. Ташкент 2022.
3. Бойтиллаев Б.А. *Оптимальные формулы приближенного решения обобщенных интегральных уравнений Абеля в гильбертовом пространстве* // Проблемы вычислительной и прикладной математики, - Ташкент, 2023, №3/1(50), ст. 84-91.
4. Hayotov A.R., Boytillayev B.A. *An optimal quadrature formula for an approximate solution of the generalized Abel integral equation* // Uzbek Mathematical Journal - Tashkent, 2023, №4(67), pg. 45-55.

## SOBOLEVNING $L_2^{(1)}(0, 2\pi)$ FAZOSIDA GILBERT YADROLI SINGULAR INTEGRALLAR UCHUN OPTIMAL KVADRATUR FORMULANING KOEFFITSIYENTLARI

Jabborov X.X.

*V.I.Romanovskiy nomidagi Matematika Instituti, O`zbekistan Fanlar Akademiyasi, Universitet ko`chasi, 9, Toshkent 100174, Uzbekistan.*

Muallif elektron pochtasi

jabborovx@bk.ru

Ko'p hollarda aniq integrallar texnikaviy va hayotiy masalalarni echishga tadbiiq etiladi. Jumladan ba'zi aerodinamika, texnika, kemasozlik kabi sohalarda uchraydigan masalalar aniq integrallar yordamida hal etiladi. Lekin integrallarning juda kam turlarinigina integrallash mumkin. Bunday integrallarni katta aniqlikda taqribiy hisoblash usullarni ishlab chiqish hisoblash matematikasining muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Singular integrallarni hisoblash ham xuddi shu kabi aniq integralni hisoblash mushkul bo'lgan integrallardan sanaladi. Singular integral tushunchasi yigirmanchi asrning yigirmanchi yillarida paydo bo'ldi. Bu integrallarni hamma hollarda ham boshlangich funksiyasini topib bo'lmaydi. Shu sababli ularni taqribiy hisoblash to'g'ri keladi. Regulyar va singulyar integrallarni taqribiy hisoblashning ko'p ommalashgan usullaridan biri bu kvadratur yoki kubatur formula qurishdir.

Hozirgi kunda kvadratur va kubatur formulalar qurish nazariyasida quyidagi asosiy yondashuvlar mavjud: algebraik, ehtimollar nazariyasi, nazariy-sonli va funksional. Biz bu ishda funksional yondashuv asosida kvadratur formula quramiz. Funksional analiz usullariga asoslangan kvadratur formulalar qurish dastlab A.Sard va S.M.Nikolskiylar tomonidan kiritilgan. Berilgan integralning qiymatiga mos kvadratur formula qurishning mohiyati shu integral va kvadratur yig'indi ayirmasining qiymati eng kichik bo'ladigan qilib tuzishdir.

Biz quyidagi singular integral uchun kvadratur formulani qaraymiz

$$\int_0^{2\pi} \operatorname{ctg} \frac{x-t}{2} \varphi(x) dx \cong \sum_{\beta=0}^N C[\beta] \varphi(h\beta), \quad (1)$$

bu erda  $0 < t < 2\pi$ ,  $\varphi(x) \in L_2^{(1)}$ ,  $h = \frac{2\pi}{N}$ ,  $\beta = 0, 1, 2, \dots, N$ ,  $C[\beta]$ -kvadratur formulaning koeffitsiyentlari,  $[\beta] = (h\beta)$ -kvadratur formulaning tugun nuqtalari.

$L_2^{(1)}(0, 2\pi)$  fazo Gilbert fazosi bo'lganligi uchun, bu fazoda  $\varphi$  funksiyalar quyidagicha aniqlanadi:

$$L_2^{(1)}(0, 2\pi) = \{\varphi : [0, 2\pi] \rightarrow \mathbb{R}, \varphi - \text{abs.uzluksiz}, \varphi' \in L_2(0, 2\pi)\}.$$

$L_2^{(1)}(0, 2\pi)$  fazoning  $\varphi$  va  $\psi$  funksiyalari uchun skalyar ko'paytma quyidagicha kiritiladi:

$$\langle \varphi, \psi \rangle_{L_2^{(1)}} = \int_0^{2\pi} \varphi'(x)\psi'(x)dx \quad (2)$$

va shu skalyar ko'paytmaga mos funksiya normasi quyidagicha aniqlanadi:

$$\|\varphi\|_{L_2^{(1)}} = \left( \int_0^{2\pi} (\varphi'(x))^2 dx \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Integral va kvadratur yig'indi orasidagi ayirmaga kvadratur formula xatoligi deyiladi:

$$(\ell, \varphi) = \int_0^{2\pi} ctg \frac{x-t}{2} \varphi(x) dx - \sum_{\beta=0}^N C[\beta] \varphi(h\beta) \quad (4)$$

bu yerda

$$\ell(x) = \varepsilon_{[0, 2\pi]}(x) ctg \frac{x-t}{2} - \sum_{\beta=0}^N C[\beta] \delta(x-h\beta). \quad (5)$$

$\ell(x)$  ga (1) kvadratur formulaning xatolik funksionali deyiladi. Bunda  $\varepsilon_{[0, 2\pi]}(x) - [0, 2\pi]$  kesmaning xarakteristik funksiyasi,  $\delta(x)$ -Dirakning delta-funksiyasi.

Biz (4) ifodadagi integral va kvadratur yig'indi xatoligini minimallashtirishimiz kerak. Buning uchun bizga  $\varphi(x)$  funksiya ma'lum bo'lganligi uchun bu ayirmani  $\ell(x)$  xatolik funksionalini minimallashtirish orqali erishishimiz mumkin. Biz (4) ifodani yuqoridan baholashimiz kerak. Buning uchun biz Koshi-Shvars tengsizligidan foydalanamiz:

$$|(\ell, \varphi)| \leq \|\ell\|_{L_2^{(1)*}} \cdot \|\varphi\|_{L_2^{(1)}} \quad (6)$$

Tengsizlikdan ko'rinib turibdiki, (4) ayirmaning yuqori bahosini olish uchun  $\ell(x)$  ning normasi noma'lum. Bu erdan quyidagi masala kelib chiqadi.

**1-masala.** (1) kvadratur formulaning (5) xatolik funksionali  $\ell(x)$  ning  $\|\ell\|$  normasini hisoblash.

(5) ifodadan ko'rinib turibdiki,  $\ell(x)$  xatolik funksionali normasi  $C[\beta]$  koeffitsiyentlar va  $h\beta$  tugun nuqtalarga bog'liq. Koeffitsiyentlar va tugun nuqtalar bo'yicha xatolik funksionali normasini minimallashtirish Nikolskiy masalasi va tugun nuqtalar qo'zg'almas bo'lib faqat koeffitsiyentlar bo'yicha xatolik funksionali normasini minimallashtirish masalasi esa Sard masalasi deyiladi. Nikolskiy ma Sard masalalarining echimlari mos ravishda Nikolskiy va Sard ma'nosida optimal kvadratur formula deyiladi. Biz bu ishda  $h\beta$  tugun nuqtalarni oldindan fiksirlab olib, faqat  $C[\beta]$  koeffitsiyentlarga nisbatan Sard tipidagi optimal kvadratur formula quramiz. Bundan keying masala kelib chiqadi.

**2-masala.**  $h\beta$  qo'zg'almas tugun nuqtalarda  $C[\beta]$  optimal koeffitsiyentlarni topish.

Biz dastlab 1-masalani echamiz. Buning uchun Sobolev tomonidan kiritilgan ekstremal funksiya tushunchasidan foydalanamiz.

**Ta'rif.** Shunday  $\varphi$  funksiya mavjud bo'lib, u (6) tengsizlikni tenglikka aylantirsa, u holda  $\varphi$  funksiya ekstremal funksiya deyiladi.

$$|(\ell, \varphi)| = \|\ell\|_{L_2^{(1)*}} \cdot \|\varphi\|_{L_2^{(1)}} \quad (7)$$

Biz bu ishda ekstremal funksiyaning  $\psi_\ell$  bilan belgilaymiz. S.L.Sobolev tomonidan  $\psi_\ell$  ekstremal funksiya quyidagicha aniqlangan:

$$\psi_\ell = -\ell(x) * G_1(x) + p_0 \quad (8)$$

bu erda  $G_1(x) = \frac{|x|}{2}$ ,  $p_0$  - o'zgarmas son.

$L_2^{(1)}(0, 2\pi)$  fazo Gilbert fazosi bo'lganligi uchun chiziqli uzluksiz funksionalning umumiy ko'rinishi haqidagi Riss teoremasini keltiramiz.

**Riss teoremasi.**  $H$  biror Gilbert fazosi bo'lsin. U holda har bir chiziqli uzluksiz  $\ell \in H^*$  funksional uchun fazoning o'zida shu funksionalga mos Riss elementi deb ataluvchi yagona  $\psi_\ell$  funksiya mavjudki, quyidagi tengliklar bajariladi:

$$(\ell, \varphi) = \langle \psi_\ell, \varphi \rangle,$$

$$\|\ell\|_{H^*} = \|\psi_\ell\|_H, \quad \varphi \in H$$

va aksincha.  $\forall \psi_\ell \in H$  uchun  $(\ell, \varphi) = \langle \psi_\ell, \varphi \rangle$  va  $\|\ell\|_{H^*} = \|\psi_\ell\|_H$ ,  $\varphi \in H$  shartlarni qanoatlantiruvchi  $\exists \ell \in H^*$  funksional topiladi.

Demak, teoreмага ko'ra,  $\psi_\ell$  ekstremal funksiya Riss elementi bo'lar ekan va

$$(\ell, \psi_\ell) = \|\ell\|_{L_2^{(2)*}}^2 = \|\psi_\ell\|_{L_2^{(2)}}^2 \quad (9)$$

Yuqoridagilarga ko'ra xatolik funksionali normasining kvadratini hisoblaymiz:

$$\|\ell\|^2 = (\ell, \psi_\ell) = \int_{-\infty}^{\infty} \ell(x) \psi_\ell(x) dx = \int_{-\infty}^{\infty} \ell(x) (\ell(x) * G_1(x) + p_0) dx$$

$\ell(x)$  xatolik funksionali  $L_2^{(1)}(0, 2\pi)$  fazoda aniqlanganligi uchun

$$(\ell, 1) = 0 \quad (10)$$

shartni qanoatlantiradi. (10) tenglik (1) kvadratur formula songa aniq ekanligini bildiradi va ortogonallik sharti deyiladi.

Endi  $\|\ell\|^2$  ini hisoblaymiz

$$\begin{aligned} \|\ell\|^2 = & - \int_0^{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{|x-y|}{2} \operatorname{ctg} \frac{x-t}{2} \operatorname{ctg} \frac{y-t}{2} dx dy + 2 \sum_{\beta=0}^N C[\beta] \int_0^{2\pi} \frac{|x-h\beta|}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{x-t}{2} dx - \\ & - \sum_{\beta=0}^N \sum_{\gamma=0}^N C[\beta] C[\gamma] \frac{|h\beta-h\gamma|}{2}; \end{aligned} \quad (11)$$

Natijada  $\ell(x)$  xatolik funksionali normasining kvadrati topildi va 1-masala echildi.

Bu ishda 2-masala echildi va u uchun quyidagi teorema o'rinli.

**Teorema.**  $L_2^{(1)}(0, 2\pi)$  fazoda (1) kvadratur formulaning optimal koeffitsiyentlari quyidagilarga teng:

$$C[0] = \frac{1}{h} (f_1(1) - f_1(0)), \quad \beta = 0,$$

$$C[\beta] = \frac{1}{h} (f_1(\beta-1) - 2f_1(\beta) + f_1(\beta+1)), \quad \beta = \overline{1, N-1},$$

$$C[N] = \frac{1}{h} (f_1(N-1) - f_1(N)), \quad \beta = N,$$

bu erda

$$\begin{aligned} f_1[\beta] = & \int_0^{2\pi} \frac{|x-h\beta|}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{x-t}{2} dx = - \int_0^{h\beta} \frac{x-h\beta}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{x-t}{2} dx + \int_{h\beta}^{2\pi} \frac{x-h\beta}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{x-t}{2} dx = \\ = & \sum_{k=0}^{\infty} (-1)^k \frac{B_{2k} \cdot 2^{2k+1}}{(1+2k)(2k)!} \left( \left( \frac{2\pi-t}{2} \right)^{2k+1} - 2 \left( \frac{h\beta-t}{2} \right)^{2k+1} + \left( -\frac{t}{2} \right)^{2k+1} \right) + 2(t-h\beta) \ln \left| \frac{\sin \frac{t}{2}}{\sin \frac{h\beta-t}{2}} \right|. \end{aligned}$$

# APPROXIMATE METHODS FOR CALCULATING HYPERANGULAR INTEGRALS

Ilya V. Boykov <sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup>*Department of Higher and Applied Mathematics, Penza State University, Penza, Russia*

Author Emails

<sup>a)</sup> i.v.boykov@gmail.com

In this note we consider hypersingular integrals with fixed

$$\int_{-1}^1 \frac{\varphi(\tau) d\tau}{\tau^p}, \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \frac{\varphi(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2}{\tau_1^{p_1} \tau_2^{p_2}}, \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \frac{\varphi(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2}{(\tau_1^2 + \tau_2^2)^p}$$

and variable singularities

$$\int_{-1}^1 \frac{\varphi(\tau) d\tau}{(\tau - t)^p}, \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \frac{\varphi(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2}{(\tau_1 - t_1)^{p_1} (\tau_2 - t_2)^{p_2}}, \int_{-1}^1 \int_{-1}^1 \frac{\varphi(\tau_1, \tau_2) d\tau_1 d\tau_2}{((\tau_1 - t_1)^2 + (\tau_2 - t_2)^2)^p}, \quad p, p_1, p_2 = 2, 3, \dots$$

An overview of the optimal methods for calculating the above integrals is given in [1].

Optimal methods for approximating conjugate (for hypersingular integrals) functions are constructed. A method for extending quadrature and cubature formulas for calculating singular integrals to quadrature and cubature formulas for calculating hypersingular integrals is presented in [2]. Methods for calculating hypersingular integrals on fractals have been studied in [3].

## References

1. Boykov I.V. Approximate methods for calculating singular and hypersingular integrals. Part two. Hypersingular integrals. Penza: Publishing house of Penza State University. 2009. 252 p. (In Russian)
2. Boikov I. V. and Boikova A. I. On a Method of Constructing Quadrature Formulas for Computing Hypersingular Integrals//Numerical Analysis and Applications, 2022. 2022, V. 15, No. 3, 203-218. Pleiades Publishing, Ltd., 2022.
3. Boykov I., Roudnev V., Boykova A. Regular, Singular and Hypersingular Integrals over Fractal Contours // Mathematics. 2023, 11(23), 4752; <https://doi.org/10.3390/math11234752>

## MATHCAD DASTURIDA MATEMATIK ANALIZ MISOL VA MASALALARINI YECHISH ALGORITMLARI

Arasheva S., Abdujabborov Z., Seytov A.

*Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti*

Mathcad - foydalanuvchilarga raqamli va grafik usullarning kombinatsiyasidan foydalangan holda matematik muammolarni hal qilish imkonini beruvchi hisoblash dasturiy ta'minot dasturi. Ushbu dasturiy taminot bir qator afzalliklarga ega, jumladan:

Masalalarni samarali yechish: Mathcad murakkab matematik muammolarni tizimli va tashkiliy tarzda yechish uchun samarali vositadir. Bu foydalanuvchilarga tez va oson hisob-kitoblarni yaratish va hujjatlashtirish imkonini beradi.

**Yuqori aniqlik:** Mathcad hisob-kitoblarda yuqori darajadagi aniqlikni ta'minlaydi, analitik usuldan foydalanganda yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatolar ehtimolini kamaytiradi. Bu, ayniqsa, ilm-fan nuqtai-nazarida juda muhim.

**Ko'p tarmoqlilik:** Mathcaddan nafaqat matematik muammolarni, jumladan dizayn, tahlil va optimallashtirishni hal qilish uchun foydalanish mumkin. U bir nechta o'zgaruvchili tenglamalarni, chiziqli bo'lmagan funksiyalarni va murakkab matritsa operatsiyalarini boshqarishi mumkin.

**Vaqtli tejash:** Mathcad matritsa operatsiyalari, tenglamalarni yechish va grafik yaratish kabi takrorlanuvchi vazifalarni avtomatlashtirish orqali foydalanuvchilar uchun vaqtli tejash imkonini beradi.

Yuqorida takidlangan afzalliklardan birini ko`rib chiqamiz. Hammamiz natija tezroq ega bo`lish ya`ni vaqtdan yutish uchun dasturiy taminotlardan foydalanamiz. Mathcad dasturidan foydalanishimizning asosiy maqsadlaridan biri bu vaqtli tejash. Keling bizga berilgan biron matematik topshiriqni analitik usulda va Mathcad orqali yechib natijalarini ko`rib chiqamiz.

Bizga ushbu aniqmas integral berilgan bo`lsin uni dastlab analitik usulda yechib olamiz

$$\int \frac{dx}{\sin(x) * (1 - \sin(x))}$$

Qavslarni tashlab yuboramiz  $\sin(x)$  uchun umumiy trigonometrik almashtirishdan foydalanamiz

$$\sin(t) = \frac{2tg\left(\frac{t}{2}\right)}{1 + \left(tg\left(\frac{t}{2}\right)\right)^2}$$

Ushbu umumiy almashtirishni integral osti funksiyamizga qo`yib olamiz

$$\int \frac{dx}{\frac{2tg\left(\frac{x}{2}\right)}{1 + \left(tg\left(\frac{x}{2}\right)\right)^2} - \left(\frac{2tg\left(\frac{x}{2}\right)}{1 + \left(tg\left(\frac{x}{2}\right)\right)^2}\right)^2}$$

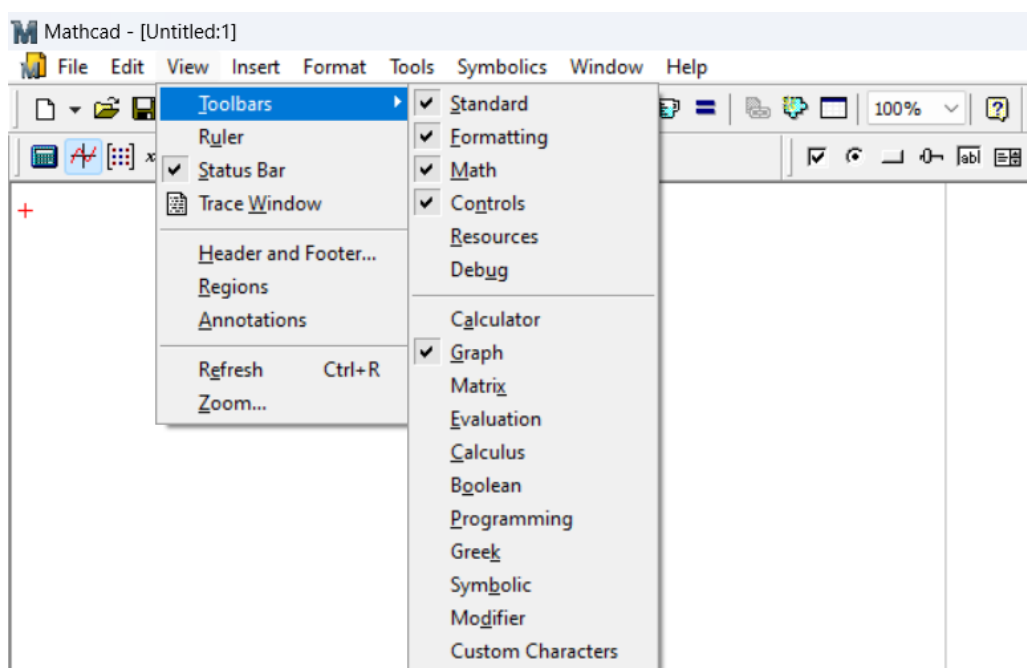
Bu integralni hisoblashimiz uchun  $tg\left(\frac{x}{2}\right) = a$  almashtirishdan foydalanamiz va bundan esa  $dx = \frac{2da}{1+a^2}$  ga ega bo`lamiz. Endi integral ostini soddalashtiramiz

$$\begin{aligned} & \int \frac{1}{\frac{2a}{1+a^2} - \left(\frac{2a}{1+a^2}\right)^2} * \frac{2da}{1+a^2} \rightarrow \\ & \int \frac{1}{\frac{2a(1+a^2) - 4a^2}{(1+a^2)^2}} * \frac{2da}{1+a^2} \rightarrow \\ & \int \frac{1+a^2}{2a+2a^3-4a^2} * 2da \rightarrow \\ & \int \frac{1+a^2}{a+a^3-2a^2} da \rightarrow \int \left(\frac{1}{a} + \frac{2}{(1-a)^2}\right) da \rightarrow \\ & \int \frac{1}{a} da + \int \frac{2}{(1-a)^2} da \rightarrow \ln(a) + \frac{2}{1-a} \end{aligned}$$

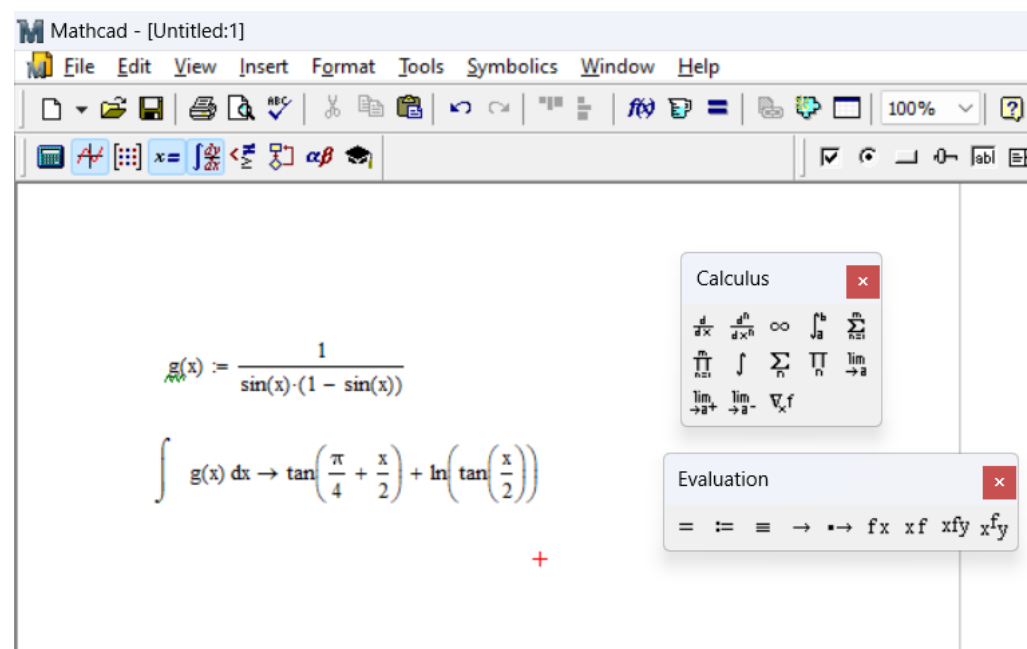
Endi  $tg\left(\frac{x}{2}\right) = a$  ushbu almashtirishni o`rniga qo`yib olamiz

$$\int \frac{dx}{\sin(x) * (1 - \sin(x))} \rightarrow \ln\left(tg\left(\frac{x}{2}\right)\right) + \frac{2}{1 - tg\left(\frac{x}{2}\right)} + C$$

Mathcadda yuqorida ko`rib chiqqanimizga nisbatan ancha sodda va vaqtga nisbatan ancha tez yechimga ega bo`lamiz. Buni esa quyidagicha amalga oshiramiz. Mathcad dasturini ochib, unda berilgan aniqmas integralni kiritib olamiz. Kiritish qutidagicha amalga oshiriladi. Ektranda View+Toolbars+Calculus oynasidan integral bõlimi ochib, aniqmas integral belgisini kiritamiz va berilgan aniqmas integral osti funksiyani kiritamiz.



Kiritilgan aniqlama integral osti funksiyani yechimini topish uchun View+Toolbars+Evaluation oynasidan → ushbu belgini tanlash orqali natijaga erishamiz.



## References

1. Rakhimov, S., Seytov, A., Nazarov, B., Buvabekov, B., Optimal control of unstable water movement in canals of irrigation systems under conditions of discontinuity of water delivery to consumers. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012065, Dagestan, 2020, IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/883/1/012065 (№5, Scopus, IF=4,652)
2. Rakhimov, S., Seytov, A., Kudaybergenov, A. Modeling and optimization of water supply processes at large pumping stations. Global and Stochastic Analysis, 2021, 8(3), стр. 57–62.
3. Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. Optimal water distribution in large main canals of irrigation system // Global and Stochastic Analysis. – 2021. Vol.8, No.3. Pp. 45-53. (№3 Scopus IF = 9.6246)

4. Seytov, A., Turayev, R., Jumamuratov, D., Kudaybergenov, A. Mathematical Models for Calculation of Limits in Water Resources Management in Irrigation Systems. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021, 2021
5. Shavkat Rakhimov, Aybek Seytov, Murod Sherbaev, et al. Algorithms for solving the problems of optimizing water resources management on a reservoir seasonal regulation. AIP Conference Proceedings 2432, 060023 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0090412>
6. Rakhimov S., Seytov A., Rakhimova N., Xonimqulov B. Mathematical models of optimal distribution of water in main channels // 4th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2020 - Proceedings, 2020, 9368798. (№ 3, Scopus, IF=3,557).
7. Kabulov, A., Normatov, I., Seytov, A., Kudaybergenov, A. Optimal management of water resources in large main canals with cascade pumping stations. *IEMTRONICS 2020 - International IOT, Electronics and Mechatronics Conference, Proceedings*, 2020, 9216402.
8. Turaev, R., Seytov, A., K. Hollozov, B., Haydarova, R., Kuldasheva, S. Algorithms for planning water management in irrigation systems. *AIP Conference Proceedings*, 2024, 3045(1), 040040.
9. Seytov, A., Abdurakhmanov, O., Kakhkhorov, A., Karimov, D., Abduraimov, D. Modeling of two-dimensional unsteady water of movement in open channels. *E3S Web of Conferences*, 2024, 486, 01023.

## **HOSILA HISOBLASHNING SODDA QOIDALARI. ELEMENTAR FUNKSIYALARNING HOSILALARI**

Beshimov Nurali, Kamboyev Bekzod, Seytov Aybek  
*Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti*

Biz ushbu paragrafda ikki funksiya yig'indisi, ayirmasi, ko'paytmasi va nisbatining hosilalarini topish qoidalarini keltiramiz. So'ngra elementar funksiyaning hosilalarini hisoblaymiz.  $f(x)$  va  $g(x)$  funksiyalar  $(a,b)$  oraliqda aniqlangan bo'lsin.

1. Ikki funksiya yig'indisi hamda ayirmasining hosilasi. Agar  $f(x)$  va  $g(x)$

funksiyalarning har biri  $x$   $(a,b)$  nuqtada  $f'(x)$  va  $g'(x)$  hosilalarga ega bo'lsa, u holda  $f(x) \pm g(x)$  funksiya ham  $x$  nuqtada hosilaga ega va

$$(f(x) + g(x))' = f'(x) + g'(x) \quad (1)$$

$$(f(x) - g(x))' = f'(x) - g'(x) \quad (2)$$

Haqiqatan ham,  $f(x)$  va  $g(x)$  funksiyalar  $x$  tegishli  $(a,b)$  nuqtada  $f'(x)$  va  $g'(x)$  hosilalarga ega bo'lsin. Tarifga ko'ra ( $t$  tegishli  $(a,b), t \neq x$ ):

$$f'(x) = \lim_{t \rightarrow x} \frac{(f(t) - f(x))}{t - x} \quad (3)$$

Endi  $F(x) = f(x) + g(x)$  va  $F(x) = f(x) - g(x)$

$$\frac{F(t) - F(x)}{t - x} = \frac{f(t) - f(x)}{t - x} + \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \quad (4)$$

$$\frac{F(t) - F(x)}{t - x} = \frac{f(t) - f(x)}{t - x} + \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \quad (5)$$

Bu tenglikda  $t \rightarrow x$  limitga o'tsak quyidagiga ega bo'lamiz:



$$F'(x) = \frac{F(t) - F(x)}{t - x} = \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{f(t) - f(x)}{t - x} + \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \right) = f'(x) + g'(x) \quad (6)$$

$$F'(x) = \frac{F(t) - F(x)}{t - x} = \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{f(t) - f(x)}{t - x} - \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \right) = f'(x) - g'(x) \quad (7)$$

Bu esa (1) formulani isbotlaydi.

Bu yerda biz MathCad dasturida yig'indini hosilasini ko'rishimiz mumkin:

$$\frac{d}{dx} (f(x) + g(x)) \rightarrow \frac{d}{dx} f(x) + \frac{d}{dx} g(x) \quad (8)$$

$$\lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{f(t) - f(x)}{t - x} + \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \right) \rightarrow \frac{d}{dx} f(x) + \frac{d}{dx} g(x) \quad (9)$$

Bu yerda MathCad dasturida hozir ayirmani hosilasini ko'rishimiz mumkin:

$$\frac{d}{dx} (f(x) - g(x)) \rightarrow \frac{d}{dx} f(x) - \frac{d}{dx} g(x) \quad (10)$$

$$\lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{f(t) - f(x)}{t - x} - \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \right) \rightarrow \frac{d}{dx} f(x) - \frac{d}{dx} g(x) \quad (11)$$

Bu ikki holatda mathcadda funksiyalarning har biridan alohida hosila oladi, yig'indi va ayima bo'lgani uchun.

Biz yuqorida  $f(x)$  va  $g(x)$  ga qiymat berib funksiyani ishlashini ko'rishimiz mumkin.

2.Ikki funksiya ko'paytmasining hosilasi. Agar  $f(x)$  va  $g(x)$  funksiyalarning har biri  $x$

tegishli  $(a, b)$  nuqtada  $f'(x)$  va  $g'(x)$  hosilalarga ega bo'lsa, u holda  $f(x) \cdot g(x)$  funksiya ham  $x$  nuqtada hosilaga ega va

$$(f(x) \cdot g(x))' = f'(x) \cdot g(x) + f(x) \cdot g'(x) \quad (12)$$

formula o'rinli

$$F(t) - F(x)$$

$$F(x) = f(x) \cdot g(x) \text{ deb belgilab, } \frac{t - x}{t - x} \text{ nisbatni quyidagi}$$

$$\frac{F(t) - F(x)}{t - x} = \frac{f(t) - f(x)}{t - x} \cdot g(x) + \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \cdot f(x) \quad (13)$$

korinishda yozib olamiz. Bu tenglikda  $t \rightarrow x$  limitga o'tib quyidagini topamiz:

$$F'(x) = \lim_{t \rightarrow x} \frac{F(t) - F(x)}{t - x} = \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{f(t) - f(x)}{t - x} \cdot g(x) + \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \cdot f(t) \right) \quad (14)$$

$$g(x) \cdot \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{f(t) - f(x)}{t - x} \right) + \lim_{t \rightarrow x} f(t) \cdot \lim_{t \rightarrow x} \frac{g(t) - g(x)}{t - x} = f'(x) \cdot g(x) + f(x) \cdot g'(x) \quad (15)$$

Bu yerda MathCad dasturida hozir  $f(x)$  va  $g(x)$  ko'paytmasini hosilasini ko'rishimiz mumkin:

$$\frac{d}{dx} (f(x) \cdot g(x)) \rightarrow f(x) \cdot \frac{d}{dx} g(x) + \frac{d}{dx} f(x) \cdot g(x) \quad (16)$$

$$\lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{f(t) - f(x)}{t - x} \cdot g(x) + \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \cdot f(x) \right) \rightarrow f(x) \cdot \frac{d}{dx} g(x) + \frac{d}{dx} f(x) \cdot g(x) \quad (17)$$

Bu yerda  $f(x)$  va  $g(x)$  ga qiymat berib funksiyani funksiyani ishlashini ko'rishimiz mumkin.

1. Ikki funksiya nisbatining hosilasi. Agar  $f(x)$  va  $g(x)$  funksiyalarning har biri  $x$  tegishli  $(a, b)$  nuqtada  $f'(x)$  va  $g'(x)$  hosilalarga ega bo'lib,  $g(x) \neq 0$  bo'lsa u holda  $\frac{f(x)}{g(x)}$  funksiya ham  $x$  nuqtada hosilaga ega va

$$\left( \frac{f(x)}{g(x)} \right)' = \frac{f'(x) \cdot g(x) - f(x) \cdot g'(x)}{g(x)^2} \quad (18)$$

formula o'rinli

(18) formulani isbotlashdan avval funksiya hosilasi tarifidan foydalanib

$\frac{1}{g(x)}$  ( $g(x) \neq 0$ ) funksiyaning  $x$  tegishli  $(a, b)$  nuqtadagi hosilasini hisoblaymiz:

$$\left( \frac{1}{g(x)} \right)' = \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{\frac{1}{g(t)} - \frac{1}{g(x)}}{t - x} \right) = \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{\frac{g(x) - g(t)}{g(x) \cdot g(t)}}{t - x} \right) = \frac{-1}{g(x)} \cdot \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \right) \cdot \lim_{t \rightarrow x} \frac{1}{g(t)} = \frac{-g'(x)}{g(x)^2}$$

Demak

$$\left( \frac{1}{g(x)} \right)' = \frac{-g'(x)}{g(x)^2} \quad (g(x) \neq 0)$$

$$\left( \frac{f(x)}{g(x)} \right)' = \left( f(x) \cdot \frac{1}{g(x)} \right)' = f'(x) \cdot \frac{1}{g(x)} + f(x) \cdot \left( \frac{1}{g(x)} \right)' = \frac{f'(x)}{g(x)} - \frac{f(x) \cdot g'(x)}{g(x)^2} = \frac{f'(x) \cdot g(x) - f(x) \cdot g'(x)}{g(x)^2}$$

Bu (12) formulani o'rinli ekanini isbotlaydi.

Bu yerda MathCad dasturida bo'limani hosilasini hisoblashdan oldin uni maxrajini 0 ga teng emasligini limit va hosila yordamida tekshirib ko'rishimiz mumkin:

$$\frac{d}{dx} \left( \frac{1}{g(x)} \right) \rightarrow -\frac{\frac{d}{dx} g(x)}{g(x)^2} \quad (19)$$

$$\lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{\frac{1}{g(t)} - \frac{1}{g(x)}}{t - x} \right) \rightarrow -\frac{\frac{d}{dx} g(x)}{g(x)^2}$$

$$\left( \frac{1}{g(x)} \right)' = \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{\frac{1}{g(t)} - \frac{1}{g(x)}}{t - x} \right) = \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{\frac{g(x) - g(t)}{g(x) \cdot g(t)}}{t - x} \right) = \frac{-1}{g(x)} \cdot \lim_{t \rightarrow x} \left( \frac{g(t) - g(x)}{t - x} \right) \cdot \lim_{t \rightarrow x} \frac{1}{g(t)} = \frac{-g'(x)}{g(x)^2}$$

Bu yerda biz MathCad dasturida bo'linmani hosilasini ko'rishimiz mumkin:

$$\frac{d}{dx} \left( \frac{f(x)}{g(x)} \right) \rightarrow \frac{\frac{d}{dx} f(x)}{g(x)} - \frac{f(x) \cdot \frac{d}{dx} g(x)}{g(x)^2} \quad (20)$$

$$\left(\frac{f(x)}{g(x)}\right)' = \left(f(x) \cdot \frac{1}{g(x)}\right)' = f'(x) \cdot \frac{1}{g(x)} + f(x) \cdot \left(\frac{1}{g(x)}\right)' = \frac{f'(x)}{g(x)} - \frac{f(x) \cdot g'(x)}{g(x)^2} = \frac{f'(x) \cdot g(x) - f(x) \cdot g'(x)}{g(x)^2}$$

1-natija. Yuqorida keltirilgan (1) va (2) formulalar yordamida qo'shiluvchilar hamda ko'paytuvchilar soni ixtiyoriy chekli bo'lgan holda ham tegishli formulalarni isbotlash mumkin.

2) (12) formuladan  $g(x) = c$ ,  $c = \text{const}$  bo'lganda  $(c \cdot f(x))' = c \cdot f'(x)$  formula kelib chiqadi. Bundan o'zgarmas sonni hosila ishorasidan tashqariga chiqarish mumkinligi kelib chiqadi.

Bu yerda biz natural son va  $f(x)$  funksiya ko'paytmasini ko'rishimiz mumkin.

Bundan kelib chiqadiki hozir faqat  $f(x)$  nomalumdan ahohida hosila oladi.

$$\frac{d}{dx}(c \cdot f(x)) \rightarrow c \cdot \frac{d}{dx} f(x) \quad (21)$$

3-eslatma. Ikki funksiya yig'indisi, ayirmasi, ko'paytmasi va nisbatidan iborat bo'lgan funksiyaning hosilaga ega bo'lishidan bu funksiyalardan har birining hosilaga ega bo'lishi doim kelib chiqavermaydi. Bunga misollar topishni o'quvchiga havola qilamiz.

### Adabiyotlar ro'yxati

1. Rakhimov, S., Seytov, A., Nazarov, B., Buvabekov, B., Optimal control of unstable water movement in canals of irrigation systems under conditions of discontinuity of water delivery to consumers. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012065, Dagestan, 2020, IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/883/1/012065 (№5, Scopus, IF=4,652)
2. Rakhimov, S., Seytov, A., Kudaybergenov, A. Modeling and optimization of water supply processes at large pumping stations. Global and Stochastic Analysis, 2021, 8(3), стр. 57–62.
3. Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. Optimal water distribution in large main canals of irrigation system // Global and Stochastic Analysis. – 2021. Vol.8, No.3. Pp. 45-53. (№3 Scopus IF = 9.6246)
4. Seytov, A., Turayev, R., Jumamuratov, D., Kudaybergenov, A. Mathematical Models for Calculation of Limits in Water Resources Management in Irrigation Systems. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021, 2021
5. Shavkat Rakhimov, Aybek Seytov, Murod Sherbaev, et al. Algorithms for solving the problems of optimizing water resources management on a reservoir seasonal regulation. AIP Conference Proceedings 2432, 060023 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0090412>
6. Rakhimov S., Seytov A., Rakhimova N., Xonimqulov B. Mathematical models of optimal distribution of water in main channels // 4th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2020 - Proceedings, 2020, 9368798. (№ 3, Scopus, IF=3,557).
7. Kabulov, A., Normatov, I., Seytov, A., Kudaybergenov, A. Optimal management of water resources in large main canals with cascade pumping stations. IEMTRONICS 2020 - International IOT, Electronics and Mechatronics Conference, Proceedings, 2020, 9216402.

УДК 519.54

## ПРАКТИЧНЫЕ АСИМПТОТИЧЕСКИЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ КУБАТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ В ПРОСТРАНСТВЕ СОБОЛЕВА $\bar{L}_p^{(m)}(S_n)$

О.И. Жалолов<sup>1,а)</sup>, З.Э. Барноева<sup>1</sup>, М.М. Махмудов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Бухарский государственный университет

В настоящей работе рассматриваются практически асимптотические оптимальные кубатурные формулы в пространстве  $\bar{L}_p^{(m)}(S_n)$ . Многомерные кубатурные формулы отличаются от одномерных двумя особенностями:

- 1) бесконечно разнообразны формы многомерных областей интегрирования;
- 2) быстро растёт число узлов интегрирования с увеличением размерности пространства. Проблема 2) требует особого внимания к построению наиболее экономных формул.

В настоящей работе рассматриваются формулы именно с учётом этого требования. Как известно, что выражением Н.С. Бахвалова такие формулы называется “практичные формулы” [1]

Пусть функции  $f(\theta)$ , заданные на единичной сфере  $S_n$  принадлежат некоторому Банаховому пространству  $B$ , вложенному в пространство  $C(S_n)$  непрерывных функций на  $S_n$ . Функции  $f(\theta) \in B$  продолжим на все пространство  $R^n$ , считая их постоянными на лучах, выходящих из центра сферы  $S_n$  и будем обозначать через  $\bar{f}(x)$ .

Рассмотрим погрешность кубатурной формулы

$$\int_S f(\theta) d\theta \approx \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda f(\theta^{(\lambda)}), \quad (1)$$

на функциях из  $n$ - мерной единичной сфере  $S_n$ :

$$\ell_N[f] = \langle \ell_N, f \rangle = \int_S f(\theta) d\theta - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda f(\theta^{(\lambda)}) = \int_{R^n} \ell_N f(x) dx, \quad (2)$$

$$\ell_N(x) = \delta_S(1-r) - \sum_{\lambda=1}^N C_\lambda \delta(x - \theta^{(\lambda)}), \quad (3)$$

$\delta_S(1-r)$ ,  $\delta(x - \theta^{(\lambda)})$  - дельта функции Дирака,  $r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}$ ,  $\sum_{\lambda=1}^N C_\lambda = \frac{2\pi^{n/2}}{\Gamma(n/2)}$

. Для решения этой задачи в качестве  $B$  возьмём пространство  $\bar{L}_p^{(m)}(S_n)$ .

**Определение.** Пространства  $\bar{L}_p^{(m)}(S_n)$  - определяется как пространство функций заданных на  $S_n$  и норма функций, которая определяется следующим равенством

$$\|f(\theta)/\bar{L}_p^{(m)}(S_n)\| = \left\{ \int_{S_n} \left( \frac{\partial^m f(\theta)}{\partial \theta_1^{m_1} \partial \theta_2^{m_2} \dots \partial \theta_n^{m_n}} \right)^p d\theta \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad (4)$$

где  $m_1 + m_2 + \dots + m_n = m, m_i > 0, i = \overline{1, n}$

со скалярным произведением

$$(f(\theta), \varphi(\theta))_{\bar{L}_p^{(m)}(S_n)} = \left\{ \int_{S_n} \left( \frac{\partial^m f(\theta)}{\partial \theta^m} \right)^{\frac{p}{2}} \left( \frac{\partial^m \varphi(\theta)}{\partial \theta^m} \right)^{\frac{p}{2}} d\theta \right\}^{\frac{1}{p}}, \quad (5)$$

где  $\partial \theta^m = \partial \theta_1^{m_1} \partial \theta_2^{m_2} \dots \partial \theta_n^{m_n}$ ,  $m = m_1 + m_2 + \dots + m_n$ ,  $d\theta = d\theta_1 d\theta_2 \dots d\theta_n$ .

**Теорема.** Если для функционала погрешности (3) кубатурной формулы (1) над пространством  $\bar{L}_p^{(m)}(S_n)$  выполняется условие Декартовых произведений, т.е.

$$\ell_N(\theta) = \ell_{N_1}(\theta_1) \otimes \ell_{N_2}(\theta_2) \otimes \dots \otimes \ell_{N_n}(\theta_n)$$

и

$$\left\| \ell_{N_i}(\theta_i) / \bar{L}_p^{(m_i)}(\omega_i) \right\| \leq d_i \frac{1}{N_i^{m_i}}, d_i - \text{константы}, \quad (6)$$

т.е.

$$\left\| \ell_{N_i}(\theta_i) / \bar{L}_p^{(m_i)*}(\omega_i) \right\| \leq d_i o(h^{m_i}), d_i - \text{константы}, \quad (7)$$

то

$$\left\| \ell_N(\theta) / \bar{L}_p^{(m)*}(s_n) \right\| \leq d \cdot \frac{1}{\prod_{i=1}^n N_i^{m_i}}, d - \text{константы}, \quad (8)$$

или

$$\left\| \ell_N(\theta) / \bar{L}_p^{(m)*}(s_n) \right\| \leq d \cdot o(h^m) \quad (9)$$

где

$$\ell_{N_i}(\theta_i) = \varepsilon_{\omega_i}(\theta_i) - \sum_{\lambda_i=1}^{N_i} c_{\lambda_i} \delta(\theta_i - \theta_i^{(\lambda_i)})$$

$$d = \prod_{i=1}^n d_i, \quad m = m_1 + m_2 + \dots + m_n, \quad m_i - \text{произвольны } (i = \overline{1, n}) \text{ т.е. } 0 \leq m_i \leq m \text{ и}$$

$$\omega_i = \begin{cases} [0, 2\pi], & \text{если } i = n \\ [0, \pi], & \text{если } i = \overline{1, n-1} \end{cases}$$

## Литературы

1. Бахвалов Н.С. Численные методы, т.1, М, Наука, 1973.
2. Соболев С.Л., Введение в теорию кубатурных формул. М.: Наука, 1974. – 808с.
3. Jalolov O.I. Weight optimal order of convergence cubature formulas in Sobolev space.// AIP Conference Proceedings 2365, 020014 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0057015>.
4. Jalolov O.I. Weight Optimal Order of Convergence Cubature Formulas in Sobolev Space  $\bar{L}_p^{(m)}(K_n)$ , AIP
5. Conference Proceedings 2781 (1), 020066 (2023 ). DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0144837>.
6. O. I. Jalolov. “Asymptotically optimal lattice cubature formulas with a regular boundary layer in the space  $H_p^\mu(\Omega)$ ”, AIP Conference Proceedings. 3004, 060028 (2024), DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0199854>

УДК 517.516.87

## НАХОЖДЕНИИ ЭЛЕМЕНТ РИССА И НОРМА ФУНКЦИОНАЛА ПОГРЕШНОСТИ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ ТИПА ФУРЬЕ В ПРОСТРАНСТВЕ ХЁРМАНДЕРА $H_2^\mu(R)$

О.И. Жалолов<sup>1,а)</sup>, М.Ш. Мухсинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Бухарский государственный университет

<sup>а)</sup> o\_jalolov@mail.ru

В настоящей работе рассмотрим следующую квадратурную формулу:

$$\int_0^1 e^{2\pi i \sigma x} f(x) dx \approx \sum_{\beta=0}^N C_\beta f(x_\beta), \quad (1)$$

с функционалом погрешности

$$\ell_N(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x)e^{2\pi i\sigma x} - \sum_{\beta=0}^N C_\beta \delta(x-x_\beta) \quad (2)$$

где соответственно,  $C_\beta$  и  $x_\beta$  называют коэффициентами и узлами квадратурной формулы (1),  $f(x)$  является элементом Гильбертова пространства Хёрмандера  $H_2^\mu(R)$  [1,2] и назовем ее квадратурную формулу типа Фурье.

**Определение.** Пространство  $H_2^\mu(R)$  определяется как замыкание бесконечно дифференцируемых функций, заданных в  $R$  и убывающих на бесконечность быстрее любой отрицательной степени в норме [1-3].

$$\|f|H_2^\mu(R)\| = \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \left| F^{-1} \left[ (1+y^2)^{m/2} \cdot F[f(x)](y) \right] \right|^2 dx \right\}^{1/2}. \quad (3)$$

Справедлива следующая

**Теорема.** Элемент Рисса функционала погрешности (2) квадратурной формулы (1) имеет вид

$$\psi_\ell(x) = \int_0^1 e^{2\pi i\sigma x} v_m(x-y) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta v_m(x-h\beta), \quad (4)$$

и квадрат нормы функционала погрешности  $\ell_N(x)$  в пространстве Хермандера  $H_2^\mu(R)$  имеет следующий вид

$$\|\ell_N|H_2^{\mu*}(R)\|^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \left| [e^{2\pi i\sigma x} \cdot \varepsilon_{[0,1]}(x)] * v_m(x) - \sum_{\beta=0}^N C_\beta v_m(x-h\beta) \right|^2 dx, \quad (5)$$

где  $v_m(x) = \left( F^{-1} \left( \frac{1}{\mu(\xi)} \right) \right) (x)$ .

## Литературы

1. С.Л.Соболев. Введение в теорию кубатурных формул, М.1974.
2. Валевиц Л.Р. и Панеях Б.П. Некоторые пространства обобщенных функций и теоремы вложения. УМН. XX,1(121),165,3.
3. O. I. Jalolov. "Asymptotically optimal lattice cubature formulas with a regular boundary layer in the space  $H_p^\mu(\Omega)$ ", AIP Conference Proceedings. 3004, 060028 (2024), DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0199854>.

УДК. 517. 518. 644

## АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ С ПОМОЩЬЮ ОПТИМАЛЬНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОЙ ФОРМУЛЫ В ПРОСТРАНСТВЕ С.Л.СОБОЛЕВА $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$

О.И.Жалолов<sup>1,а)</sup>, Х.У.Хаятов<sup>1,б)</sup>

<sup>1</sup>Бухарский государственный университет

<sup>а)</sup> o\_jalolov@mail.ru, <sup>б)</sup> wera00@mail.ru

В первые С.Л. Соболевым [1] была поставленная задача нахождения экстремальной функции для интерполяционной формулы и вычисление нормы функционала погрешности в пространстве Соболева.

В настоящей работе интегрируя решетчатых оптимальных интерполяционных формул в пространстве С.Л. Соболева  $\tilde{W}_2^{(m)}[0,1]$ , мы получаем оптимальных квадратурных формул в этом же пространстве С.Л. Соболева.

Требуется постройте интерполяционную формулу  $P_f(x)$ , т.е.

$$f(x) \cong P_f(x) = \sum_{\lambda=0}^N C_\lambda(x) f(x_\lambda), \quad (1)$$

совпадающую функцией  $f(x)$  в узлах интерполирования:

$$f(x_i) = P_f(x_i), \quad i = 0, 1, \dots, N, \quad (2)$$

здесь точки  $x_\lambda \in T_1$  и параметры  $C_\lambda(x)$  называем соответственно узлами и коэффициентами интерполяционной формулы (1),  $T_1$ -одномерный тор, т.е. окружность длины равной единице.

Основной задачей в теории интерполирование является нахождение максимума ошибки формулы  $f(x) \cong P_f(x)$  над данным классом функций.

Значение этой функции в некоторой точки  $z$  является функционал, определенный как

$$\langle \ell(x), f(x) \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \ell(x) f(x) dx = f(z) - P_f(z) = f(z) - \sum_{\lambda=0}^N C_\lambda(z) f(x_\lambda) \quad (3)$$

где ясно, что  $P_f(z) = \sum_{\lambda=0}^N C_\lambda(z) f(x_\lambda)$

интерполяционная формула и

$$\ell(x) = \delta(x-z) - \sum_{\lambda=0}^N C_\lambda(z) \delta(x-x_\lambda) \quad (4)$$

функционал погрешности этой интерполяционной формулы,  $C_\lambda(z)$  - коэффициенты, а  $x_\lambda$  узлы формулы  $P_f(z)$ ,  $x_\lambda \in [0,1]$ ,  $\delta(x)$  - дельта- функция Дирака и  $f(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ .

**Определение 1.** Пространство  $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$  определяется как пространство функций заданных одномерном  $T_1$  - окружности длины равной единице и имеющих все обобщённые производные порядка  $m$  суммируемые с квадратом [2].  
Норма определяется по формуле

$$\|f|_{\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)}\|^2 = \left( \int_{T_1} f(x) dx \right)^2 + \sum_{k \neq 0} |2\pi k|^{2m} |f_k|^2. \quad (5)$$

В работе [3] доказана следующая

**Теорема 1.** В периодическом пространстве Соболева  $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$  существует единственная оптимальная интерполяционная формула вида (1) с функционалом погрешности (4), коэффициенты которой при  $m=1$  имеют следующий вид

$$c_{[\beta]}(z) = \frac{1 + \frac{1}{(2\pi)^2} \frac{1}{N^2} \sum_{k \neq 0} \frac{\cos 2\pi k(z - h\beta)}{k^2}}{N \left( 1 + \frac{1}{(2\pi)^2} \frac{1}{N^2} \sum_{k \neq 0} \frac{1}{k^2} \right)}, \quad (6)$$

где  $\beta = \overline{1, N}$ ,  $N = 2, 3, \dots$ .

Используя этой теоремы, т. е. с помощью оптимальной интерполяционной формулы, построим оптимальные квадратурные формулы вида

$$\int_0^1 f(x) dx \approx \sum_{\beta=1}^N \dot{C}_\beta f(h\beta), \quad (7)$$

где  $f(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}[0,1]$ ,  $\dot{C}_\beta$  -определяется из (6), т. е. коэффициенты квадратурной формулы.

Справедлива следующая

**Теорема 2.** В пространстве  $\tilde{W}_2^{(m)}[0,1]$  существует единственная оптимальная квадратурная формула вида (7), коэффициенты которой при  $m=1$  определяются формулой

$$c_\beta^o = \frac{1}{N \left( 1 + \frac{1}{(2\pi)^2} \frac{1}{N^2} \sum_{k \neq 0} \frac{1}{k^2} \right)}. \quad (8)$$

Это и есть оптимальная квадратурная формула в пространстве  $\tilde{W}_2^{(m)}[0,1]$  при  $p=1$ , которой получается в работе [4].

### Литературы

1. Соболев С.Л. Об интерполировании функций  $n$  переменных. Докл. АН СССР, 1961, 137,-с. 778-781.
2. Соболев С.Л. Введение в теорию кубатурных формул. М.: Наука, 1974. -808с.
3. Жалолов О.И., Хаятов Х.У. Алгоритм построение оптимальной интерполяционной формулы в пространстве С.Л.Соболева  $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$ . Проблемы вычислительной и прикладной математики. – Ташкент, 2023. - № 1. –С. 47-59.
4. O. I. Jalolov, Kh.U.Khayatov. Algorithm for finding the norm of the error functional of a Hermite type cubature formula in the Sobolev space  $\tilde{W}_2^{(m)}(T_n)$ , AIP Conference Proceedings. 3004, 060038 (2024), DOI:<https://doi.org/10.1063/5.0199855>
5. O. I. Jalolov. “Asymptotically optimal lattice cubature formulas with a regular boundary layer in the space  $H_p^\mu(\Omega)$ ”, AIP Conference Proceedings. 3004, 060028 (2024), DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0199854>
6. Khurshidjon Khayatov. Algorithm for finding the norm of the error functional of Hermite-type interpolation formulas in the Sobolev space of periodic functions., AIP Conference Proceedings 2781 (1), 020063 (8 June 2023 ), DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0144842>



## SESSION 2. INFORMATION SECURITY

### COLLABORATIVE CREATIVITY BETWEEN HUMANS AND AI

O.V. Tuyboyov<sup>1, a)</sup>, S.B. Normatov<sup>1, b)</sup>

<sup>1</sup>Tashkent state technical university

Author Emails

a) Corresponding author: justoybek86@gmail.com

b) co-author: sultonmurodnormatov678@gmail.com

Collaborative creativity between humans and AI involves exploring the intertwined agencies of artists and AI throughout the creative process, from coding to curating the outcome. It also delves into scenarios of human-machine collaboration in creativity, emphasizing responsible and ethical AI use through fundamental laws and harmonious partnerships. Additionally, the potential of AI in collaborative ideation among multiple users is highlighted, focusing on understanding social interactions, transforming individual efforts into group efforts, and ensuring user satisfaction with the collaborative process. While some believe AI cannot replicate human creativity, others see AI as a valuable partner that can amplify human effectiveness and offer more creative opportunities. The integration of AI in creative practices reshapes how content is generated and consumed, potentially impacting the social structure of creativity [1]. To ensure responsible and ethical use of AI in creativity, fundamental laws of generative AI have been proposed, aiming to prevent harmful content generation and direct competition with humans. The future of creativity lies in a harmonious collaboration between humans and AI, fostering a new level of creative productivity while respecting ethical considerations and human values.

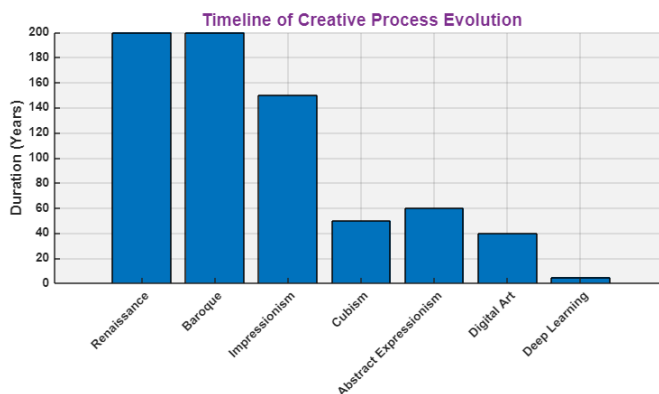


Figure.1 Duration of Creative Periods

Figure.1 visualizes the timeline of creative process evolution by representing different periods or eras in the history of art and creativity. Each bar in the plot corresponds to a specific period, and the height of the bar indicates the duration or significance of that period. The x-axis of the plot displays the names of various creative periods, including the Renaissance, Baroque, Impressionism, Cubism, Abstract Expressionism, Digital Art, and Deep Learning. The height of each bar represents the duration of the corresponding period, measured in years [2]. Longer bars indicate periods that spanned a significant amount of time, while shorter bars represent shorter-lived artistic movements or technological advancements. One significant aspect of collaborative creativity between humans and AI lies in the evolution of the creative process itself. As AI systems become more sophisticated, they offer novel tools and methodologies that can augment human creativity. For instance, AI-driven tools can assist artists in exploring new artistic styles, generating innovative ideas, and even predicting audience preferences. By leveraging these capabilities, artists can push the boundaries of their creativity and produce content that resonates with diverse audiences. The integration of AI in creative practices has the potential to democratize the creative process. AI-powered tools can lower the barrier to

entry for aspiring artists by providing access to advanced technologies and resources. This democratization fosters a more inclusive creative ecosystem, where individuals from various backgrounds can participate and contribute to cultural innovation [3].

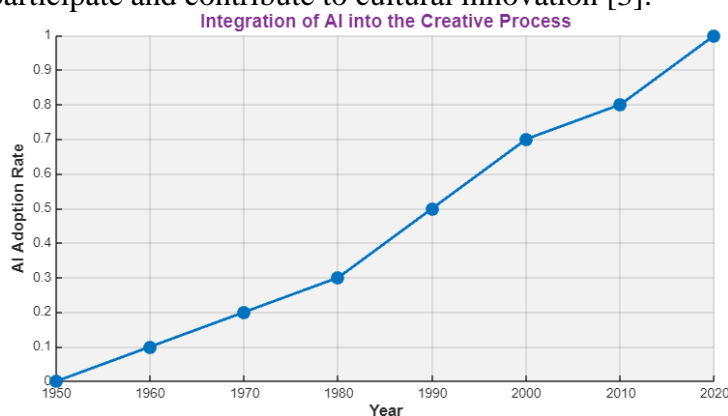


Figure. 2 Evolution of AI Adoption in the Creative Process

Figure. 2 visualizes the gradual integration of artificial intelligence (AI) technologies into the realm of creativity over time. The horizontal axis represents the timeline, spanning from the early years of AI research to the present day. Each point on the timeline corresponds to a specific year. The vertical axis represents the adoption rate of AI in the creative process. It measures the extent to which AI technologies have been incorporated into various aspects of creative endeavors. The adoption rate ranges from 0 to 1, indicating the proportion of creative processes utilizing AI at a given time. The line graph illustrates the increasing trend of AI adoption in the creative domain, showcasing milestones and advancements in AI technology that have influenced artistic practices. Early on, adoption rates are minimal, reflecting the experimental nature of AI applications in creativity [4]. However, as technology progresses and capabilities expand, the adoption rate steadily rises, signifying the growing integration of AI tools and methodologies into the creative process. This visualization offers insights into the evolutionary trajectory of AI adoption in creativity, highlighting key moments of innovation and transformation. It underscores the profound impact of AI technologies on reshaping artistic practices, expanding creative possibilities, and redefining the boundaries of human-machine collaboration in the pursuit of innovation and expression. Figure. 3 visualizes how various AI-driven functionalities augment human creativity across different stages of the creative process. The horizontal axis represents the contribution of AI-driven functionalities to the creative process. It ranges from 0 to 1, indicating the extent to which AI contributes to each stage of creativity. The vertical axis represents the stages of the creative process, including Inspiration, Idea Generation, Creation, Refinement, and Presentation. Each stage is presented as a distinct segment of the bar chart. Each bar is divided into segments, with each segment representing the contribution of a specific AI-driven functionality (e.g., Style Exploration, Idea Generation, Audience Prediction) to a particular stage of creativity.

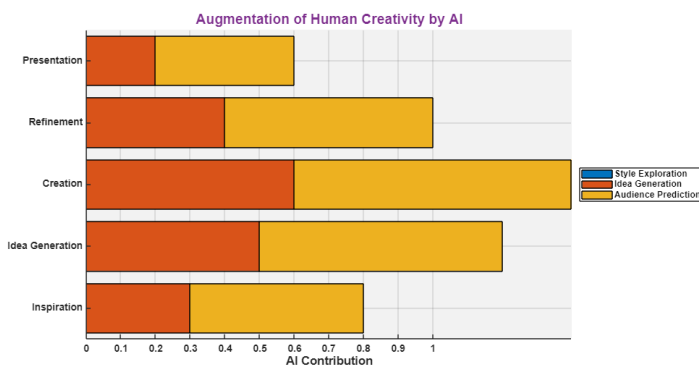


Figure. 3 AI Contribution to Creative Stages

The height of each segment indicates the relative contribution of the corresponding AI functionality to the overall augmentation of human creativity at that stage. This visualization allows for a clear understanding of how AI technologies are integrated into the creative process, highlighting their role in enhancing various aspects of human creativity. By examining the stacked bars, viewers can discern the specific functionalities that contribute most significantly to each stage of creativity, providing valuable insights into the collaborative relationship between humans and AI in creative endeavors.

Despite the significant advancements and explorations in collaborative creativity between humans and AI, there exists a notable research gap in understanding the long-term societal and cultural implications of AI integration into creative practices. While the current discourse predominantly focuses on the technical aspects of AI-driven tools and their immediate impact on creative productivity, there is limited research addressing the broader implications of these technological advancements on artistic expression, cultural diversity, and the democratization of creativity. The existing studies primarily emphasize the augmentation of human creativity by AI tools, often overlooking the nuanced dynamics of human-AI collaboration and the evolving role of artists in this context. There is a need for empirical research that delves deeper into the socio-cultural dimensions of collaborative creativity, examining how AI integration reshapes artistic processes, influences aesthetic preferences, and affects the dissemination and reception of creative works within diverse communities.

## Reference

1. Kim, J., Maher, M. L., & Siddiqui, S. (2021). Collaborative Ideation Partner: Design Ideation in Human-AI Co-creativity. In *CHIRA* (pp. 123-130).
2. Wankmüller, L. Style Recognition in Paintings using Deep Learning.
3. Fountaine, T., McCarthy, B., & Saleh, T. (2019). Building the AI-powered organization. *Harvard Business Review*, 97(4), 62-73.
4. Tigre Moura, F., Castrucci, C., & Hindley, C. (2023). Artificial intelligence creates art? An experimental investigation of value and creativity perceptions. *The Journal of Creative Behavior*, 57(4), 534-549.

## IMPACTS OF AI ON THE FUTURE OF WORK AND EMPLOYMENT

O.V. Tuyboyov<sup>1, a)</sup>, S.B. Normatov<sup>1, b)</sup>

<sup>1</sup>*Tashkent state technical university*

Author Emails

a) Corresponding author: justoybek86@gmail.com

b) co-author: sultonmurodnormatov678@gmail.com

In communication, AI tools like GPT-3/4 and ChatGPT are revolutionizing content creation. Financial services benefit from AI in investment decisions, risk assessment, fraud detection, and customer service, but face challenges like data privacy and job displacement. AI, coupled with big data, enhances managerial decision-making by optimizing processes and enabling automated rationality [1]. In higher education, AI transforms teaching, learning, assessment, and future career preparation, emphasizing the need for ethical considerations and extensive integration into curricula. These diverse impacts underscore the transformative potential of AI, necessitating a balanced approach that maximizes benefits while addressing ethical, security, and societal implications. While AI and automation are replacing some jobs, tasks requiring human qualities like intuition and empathy remain challenging for AI to replicate. The evolving work landscape emphasizes the need for reskilling programs to prepare the workforce for new job demands. AI's influence on labor markets can lead to job reorganization rather than mass displacement, enhancing job quality by reducing tedium and improving worker engagement. Discussions on AI's impact often revolve around labor replacement versus labor enabling scenarios, highlighting the importance of considering human

augmentation and human stunting outcomes for the future of work. While AI and automation can replace many jobs, certain human attributes like intuition and empathy remain challenging for AI to replicate. Job reorganization is more prevalent than displacement, with automation redirecting tasks towards human comparative advantages, enhancing job quality by reducing tedium and improving worker engagement and safety. The evolving work landscape necessitates lifelong learning, reskilling programs, and proactive policies to address challenges like skill requirements and increased work intensity, ensuring that AI benefits all individuals [2]. As the integration of AI continues to permeate various sectors, the implications for the future of work are profound and multifaceted. While AI and automation have the capacity to replace certain repetitive tasks, they also offer opportunities for job enhancement and the redirection of human effort towards tasks that require uniquely human qualities. One of the key challenges in navigating the evolving work landscape lies in addressing the potential mismatch between existing skill sets and the skill requirements of emerging roles. Lifelong learning initiatives and reskilling programs are essential for equipping individuals with the necessary competencies to thrive in a technology-driven environment. These initiatives should be proactive and adaptive, catering to the dynamic nature of technological advancements and evolving job demands. Figure. 1 visually represents the integration of AI in various aspects of financial services alongside the challenges faced in its implementation. The horizontal axis depicts different applications of AI within the financial services sector, including Investment Decisions, Risk Assessment, Fraud Detection, and Customer Service. Each application serves as a distinct category for comparison. The vertical axis represents the percentage scale, indicating the extent of AI integration and the severity of challenges faced by financial institutions. Each bar on the chart is divided into two segments. The lower segment illustrates the percentage of AI integration in the respective financial service application, highlighting the degree to which AI technologies are utilized. The upper segment, stacked on top of the AI integration segment, represents the percentage of challenges faced by financial institutions in implementing AI solutions, such as data privacy concerns and potential job displacement.

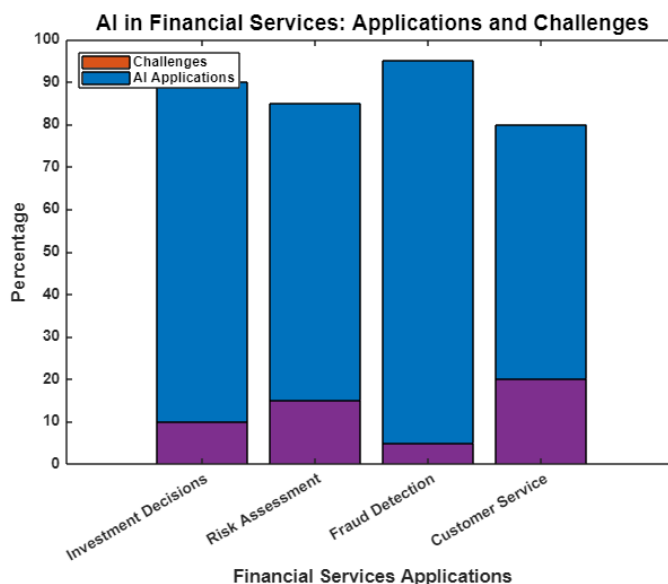


Figure. 1 AI Applications and Challenges in Financial Services

The AI Applications segment is depicted in a shade of blue, while the Challenges segment is represented in a contrasting shade of red. This color differentiation aids in visually distinguishing between the two components of each bar. This visualization offers insights into the dual nature of AI adoption within the financial services sector, showcasing both the advancements made possible by AI technologies and the obstacles that must be addressed to ensure successful implementation. By highlighting the applications of AI alongside the

associated challenges, stakeholders can gain a comprehensive understanding of the opportunities and considerations inherent in leveraging AI within financial services.

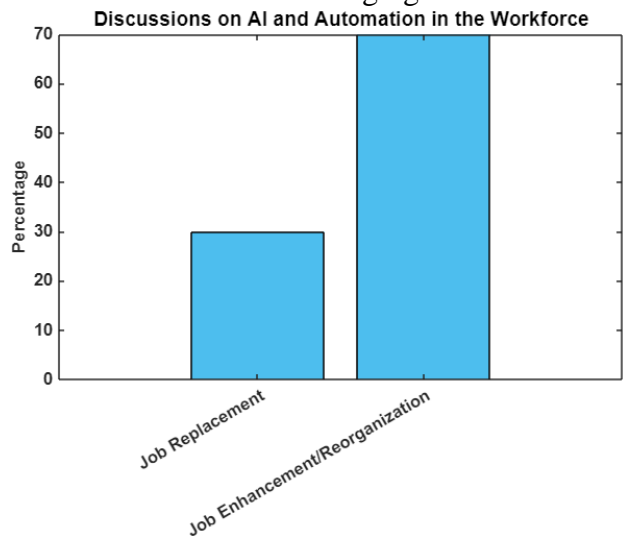


Figure. 2 Discussions on AI and Automation in the Workforce. Job Replacement versus Job Enhancement/Reorganization

Figure. 2 represents the dialogue surrounding the impact of AI and automation on employment, focusing on contrasting scenarios of job replacement and job enhancement/reorganization. The horizontal axis delineates two scenarios: «Job Replacement» and «Job Enhancement/Reorganization». These scenarios encapsulate divergent perspectives on the consequences of AI and automation in the workforce. The vertical axis represents the percentage scale, indicating the proportion of discussions attributed to each scenario.

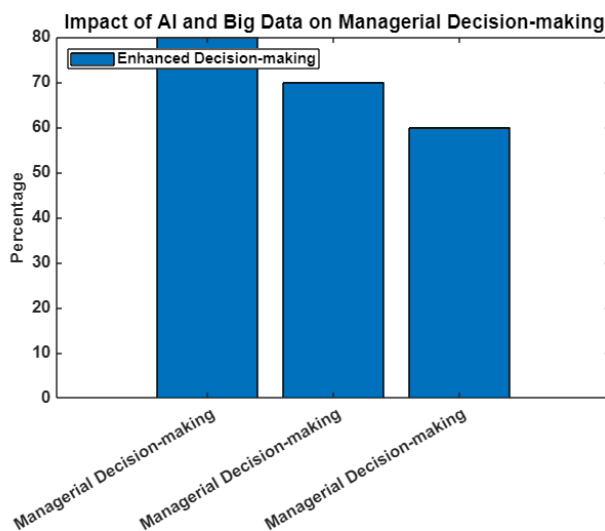


Figure. 3 Impact of AI and Big Data on Managerial Decision-making: Enhancements, Ethics, and Societal Implications

Figure. 3 represents the multifaceted implications of integrating AI with big data in managerial decision-making processes. The horizontal axis depicts a single category, «Managerial Decision-making» which serves as the focal point of analysis. The vertical axis represents the percentage scale, indicating the magnitude of impact for each aspect discussed. The chart consists of three grouped bars, each corresponding to a distinct aspect: «Enhanced Decision-making», «Ethical Considerations», and «Societal Implications». While the paper adeptly outlines the multifaceted impacts of AI integration across various sectors, including communication, financial services, and higher education, there exists a notable research gap regarding the nuanced implications of AI and automation on the workforce. There is a need for

comprehensive research that delves deeper into the socio-economic implications of AI integration on the workforce, evaluates the effectiveness of reskilling initiatives, and explores alternative models for human-AI collaboration to ensure equitable outcomes and mitigate potential disparities in the future of work.

## Reference

1. Bojic, L., Stojković, I., & Jolić Marjanović, Z. (2023). Signs of consciousness in AI: Can GPT-3 tell how smart it really is?. Available at SSRN 4399438.
2. Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., ... & Williams, M. D. (2021). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 57, 101994.
3. Ngai, E. W., Hu, Y., Wong, Y. H., Chen, Y., & Sun, X. (2011). The application of data mining techniques in financial fraud detection: A classification framework and an academic review of literature. *Decision support systems*, 50(3), 559-569.

## УДК 004.021

# РЕВОЛЮЦИЯ В КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: РОЛЬ СИМУЛЯЦИЙ И ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕД В ТЕСТИРОВАНИИ И ОПТИМИЗАЦИИ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Муртазин Э. Р.<sup>1,а)</sup>, Петров Р. И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ассистент Джизакского политехнического института

<sup>2</sup>Студент группы 440-21 РУиО Джизакского политехнического института

Электронная почта автора

<sup>а)</sup>kirenakirka.fr@inbox.ru

В современном цифровом мире, где киберугрозы становятся все более изощренными и разрушительными, обеспечение безопасности информации становится предметом первостепенной важности. Развитие средств киберзащиты требует не только эффективных технологий, но и передовых методов тестирования и оптимизации. В этой связи симуляции и виртуальные среды выходят на передовую позицию, предоставляя уникальные возможности для анализа, тестирования и оптимизации расчетных моделей в кибербезопасности.

### Симуляции в кибербезопасности: преимущества и возможности

Симуляции в кибербезопасности представляют собой мощный инструмент, который позволяет анализировать и оценивать уровень защиты информационных систем и сетей [6]. Вот несколько ключевых преимуществ и возможностей, которые они предоставляют:

1. Моделирование реальных сценариев атак: С помощью симуляций можно создавать и моделировать различные сценарии атак, от типичных до высокоорганизованных киберпреступлений. Это помогает специалистам по кибербезопасности лучше понять угрозы, с которыми они могут столкнуться, и разрабатывать соответствующие стратегии защиты.

2. Оценка уязвимостей и сильных сторон системы: Симуляции позволяют выявлять уязвимые места в информационных системах и сетях, а также определять их сильные стороны [1]. Это дает возможность разработчикам и администраторам систем улучшить уровень защиты, внести необходимые изменения и сделать свои системы более надежными.

3. Обучение и тренировка персонала: Симуляции могут быть использованы для обучения и тренировки персонала по кибербезопасности. Путем создания виртуальных

сред, эмулирующих реальные ситуации, сотрудники могут получить опыт работы с различными видами атак и научиться эффективно реагировать на них.

### **Виртуальные среды в тестировании безопасности**

Виртуальные среды в тестировании безопасности представляют собой инновационный подход, который позволяет анализировать и оценивать уровень защиты информационных систем в контролируемой и безопасной среде. Вот несколько ключевых аспектов и возможностей, связанных с использованием виртуальных сред в тестировании безопасности:

1.Изоляция реальных данных и систем: Виртуальные среды позволяют создавать изолированные экземпляры информационных систем и сетей, которые не взаимодействуют с реальными данными и инфраструктурой [2]. Это позволяет проводить тестирование безопасности без риска нанесения ущерба реальным данным или системам.

2.Моделирование различных сценариев: С помощью виртуальных сред можно эмулировать различные сценарии атак и киберугроз, включая вирусы, хакерские атаки, фишинговые попытки и другие виды киберпреступлений. Это позволяет тестировать реакцию системы на различные угрозы и оценивать ее уровень защиты.

3.Гибкость и масштабируемость: Виртуальные среды обладают высокой гибкостью и масштабируемостью, что позволяет адаптировать процессы тестирования к различным сценариям и требованиям [3]. Они также позволяют быстро создавать и уничтожать виртуальные экземпляры систем, что упрощает процесс тестирования и оптимизации.

### **Оптимизация расчетных моделей с помощью симуляций и виртуальных сред**

Оптимизация расчетных моделей с использованием симуляций и виртуальных сред играет важную роль в сфере кибербезопасности, обеспечивая эффективное и точное моделирование различных сценариев атак, а также анализ и улучшение методов защиты. Вот несколько ключевых аспектов оптимизации расчетных моделей с использованием симуляций и виртуальных сред:

1.Анализ поведения угроз: С помощью симуляций и виртуальных сред можно создавать модели, которые эмулируют поведение потенциальных киберугроз. Это позволяет анализировать и оценивать эффективность различных методов защиты и их способность предотвращать или смягчать угрозы.

2.Тестирование новых алгоритмов и технологий: Симуляции и виртуальные среды предоставляют возможность тестировать новые алгоритмы и технологии киберзащиты, прежде чем они будут внедрены в реальные системы [4]. Это позволяет выявлять потенциальные уязвимости и недостатки еще на стадии разработки и сделать соответствующие улучшения.

3.Итеративное улучшение моделей: Симуляции и виртуальные среды обеспечивают возможность итеративного улучшения моделей безопасности. Путем анализа результатов симуляций и тестирования различных вариантов моделей специалисты по кибербезопасности могут постоянно совершенствовать свои методы и стратегии защиты.

### **Заключение**

Симуляции и виртуальные среды играют ключевую роль в тестировании и оптимизации расчетных моделей в кибербезопасности. Они предоставляют уникальные возможности для анализа и моделирования различных сценариев атак, тестирования новых методов защиты и оптимизации производительности системы. Дальнейшее развитие этих технологий будет способствовать повышению эффективности киберзащиты и обеспечению безопасности информации в цифровом мире.

## Литература

1. Каршибоев Ш., & Муртазин, Э. Р. (2022). ТИПЫ РАДИО АНТЕНН. *Universum: технические науки*, (11-3 (104)), 9-12.
2. Кузиев Б. Н., Муртазин, Э. Р., & Холмунинова, Д. А. (2016). Внедрение информационных технологий в образовательный процесс. *Ученый XXI века*, 28.
3. Кузиев Б. Н., & Муртазин, Э. Р. (2023). ОБРАЗОВАНИЕ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. *Экономика и социум*, (5-2 (108)), 786-789.
4. Эмиль М. (2023). ОБЛАСТИ ЗНАНИЙ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. *Mexatronika va robototexnika: muammolar va rivojlantirish istiqbollari*, 1(1), 18-20.
5. Муртазин Э. Р. (2024). RADIOELEKTRONIKA: KELAJAKGA NAZAR. *IQRO INDEXING*, 8(2).
6. Кузиев Б. (2023). ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ. *Mexatronika va robototexnika: muammolar va rivojlantirish istiqbollari*, 1(1), 14-17.
7. Якименко И. В., Каршибоев, Ш. А. & Муртазин, Э. Р. (2023). СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ РАДИОЧАСТОТ. *Экономика и социум*, (11 (114)-1), 1196-1199.

## ИССЛЕДОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (ИОТ) И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Д.Г.Нормуродов<sup>1,а)</sup>,

<sup>1</sup>*Университет мировой экономики и дипломатии*

Электронная почта автора

normurodovwork@gmail.com

Анализ уязвимостей Интернета вещей (IoT) и способы их предотвращения — это важная тема, которая заслуживает внимания. IoT объединяет множество “умных” устройств в сеть, позволяя им собирать, анализировать, обрабатывать и передавать друг другу данные. Однако, несмотря на быстрое развитие этой отрасли, существуют проблемы, такие как уязвимость к кибератакам, отсутствие безопасных механизмов обновления, использование небезопасных или устаревших компонентов и другие уязвимости.

Важно провести анализ уязвимостей и их источников, а также описать методы их предотвращения. Например, одной из проблем безопасности экосистемы IoT является то, что ее компоненты распределены в пространстве и часто устанавливаются в публичных или незащищенных местах. Также часто при создании IoT производители не смотрят на основные правила защиты устройств и используют для всех устройств, которые выпускаются с конвейера, стандартный список паролей доступа.

Сегодня в мире уже более миллиарда устройств подключены к сети, и этот показатель продолжает увеличиваться каждый год. Ожидается, что к 2025 году число устройств, подключенных к Интернету вещей (IoT), достигнет более 75 миллиардов [1]. Множество устройств IoT, которые сейчас доступны на рынке и подключены к Интернету, до сих пор не обладают даже базовыми механизмами кибербезопасности. Большинство из этих устройств разрабатываются с ограниченными мерами безопасности, что делает их подверженными кибератакам. Отсутствие протоколов шифрования, адекватных механизмов аутентификации и редкие обновления безопасности в этих устройствах делают их уязвимыми для возможных угроз.

**Основные уязвимости в системах Интернета вещей (IoT) включают следующее:**

1. Слабые, угадываемые или жестко заданные пароли: Использование легко взламываемых, общедоступных или неизменяемых учетных данных, включая бэкдоры



во встроенном программном обеспечении или клиентском программном обеспечении, которое предоставляет несанкционированный доступ к развернутым системам [2].

2. Небезопасные сетевые сервисы: Некоторые IoT устройства могут предоставлять небезопасные сетевые сервисы, которые могут быть использованы злоумышленниками для проведения атак [3].

3. Небезопасные экосистемные интерфейсы: это может включать в себя все, от небезопасных веб-сервисов до мобильных интерфейсов и облачных API [3].

4. Недостаточная стандартизация архитектуры и протоколов, сертификация устройств: это может привести к использованию устаревших или небезопасных протоколов и стандартов [2].

5. Отсутствие шифрования беспроводного трафика: это может позволить злоумышленникам перехватывать данные, передаваемые между устройствами [2].

6. Слабая аутентификация и системы управления доступом: это может позволить злоумышленникам получить несанкционированный доступ к устройствам или сетям [2].

#### **Примером можно привести следующие случаи взлома IoT устройств:**

1. Умная кофемашина: Специалисты ИБ-компании Avast смогли менее чем за минуту подменить прошивку умной кофемашины, которая умеет подключаться по Wi-Fi к системе умного дома. Они научили ее не только майнить криптовалюту, но и требовать с владельца выкуп за возвращение привычных функций [4].

2. Умная зубная щетка и датчик температуры: Злоумышленники могут взломать такие устройства, чтобы отследить, есть ли кто-то дома, и выбрать время для проникновения в квартиру и кражи ценностей [5].

3. Прошивка устройств: В одном из исследований было показано, как можно взломать IoT-устройство за 60 минут, подменяя его прошивку [6].

#### **Обеспечение безопасности в системах интернета вещей (IoT)**

Для обеспечения безопасности передачи данных необходимо применять надежные протоколы связи и методы шифрования в IoT-устройствах, которые используют беспроводные соединения. Также стоит использовать защищенные и зашифрованные каналы для загрузки обновлений. Перед внедрением обновлений в сеть IoT-устройств важно провести проверку их целостности. Компании могут справляться с проблемами безопасности IoT, избегая использования небезопасных настроек операционной системы устройства.

В случае, когда отсутствуют проверки сертификатов или подписей для новых обновлений, злоумышленник может принудить устройства к обновлению на вредоносную прошивку с бэкдором или получить полный доступ через C2C сервер. Для предотвращения этого необходимо использовать подписи, зашифрованные каналы для получения обновлений и другие технологии, которые исключают возможность модификации трафика или установки неофициального ПО на устройство. Злоумышленник, получивший физический доступ к устройству на короткое время, может внедрить вредоносный код в устройство через SPI0 или другие порты устройства [7].

Существуют случаи, когда IoT-устройства имеют на борту незащищенные протоколы, чтобы пользователи могли сразу начать использовать устройство, которое сразу же становится доступным для управления злоумышленником. Для предотвращения этого необходима полная валидация между устройством и владельцем для создания надежного защищенного соединения. Необходимо исключить возможность “быстрого” подключения на лету и сделать акцент на повышении уровня безопасности.

Сети Интернета вещей (IoT) требуют надежных мер безопасности для предотвращения несанкционированного доступа и утечки данных. Применение сегментации сети, управления доступом и систем обнаружения вторжений может улучшить безопасность сети. Необходимо тщательно подходить к выбору беспроводных

протоколов для взаимодействия между устройствами [8], а также к качественной сегментации в сети для предотвращения внешнего воздействия.

В заключение хочется подчеркнуть, что Интернет вещей (IoT) порождает как значительные проблемы безопасности, так и обширные возможности для прогресса и инноваций. Учитывая, что все больше устройств вступают во взаимодействие и интегрируются в нашу ежедневную жизнь, крайне важно устранять уязвимости и риски, связанные с системами IoT. От защиты данных и конфиденциальности до защиты от кибератак, необходимость в надежных и комплексных мерах безопасности является приоритетной.

Однако эти проблемы также открывают возможности для отраслей, государственных органов и частных лиц для сотрудничества и улучшения методов обеспечения безопасности IoT. Применяя надежные протоколы аутентификации, методы шифрования и непрерывный мониторинг, мы можем защитить сети IoT от потенциальных угроз. Кроме того, передовые технологии, такие как искусственный интеллект и блокчейн, представляют собой перспективные решения для улучшения безопасности IoT.

### **Использованная литература**

1. Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 2025 // Statista [Электронный ресурс]. URL: <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>
2. DDos-атака от видеоняни: информационная безопасность IoT и Big Data Автор Анна Вичугова // Big Data Shchool [Электронный ресурс] URL: [Насколько безопасен интернет вещей: уязвимости IoT в мире Big Data \(bigdataschool.ru\)](https://bigdataschool.ru/naskolko-bezopasen-internet-veщей-уязвимости-IoT-в-мире-Big-Data)
3. [IoT: топ – 10 уязвимостей интернета вещей \(merionet.ru\)](https://merionet.ru)
4. Найден способ заблокировать все умные кофеварки в мире и заставить их хозяев платить выкуп Эльяс Касми 28 сентября 2020 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cnews.ru/news/top/2020-09-28\\_najden\\_sposob\\_zablokirovat](https://www.cnews.ru/news/top/2020-09-28_najden_sposob_zablokirovat)
5. Эксперт рассказал, чем опасен взлом «умной» зубной щетки и других домашних устройств 03 декабря 2023 Дарья Дмитрова // Gazeta.ru [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazeta.ru/tech/news/2023/12/03/21842521.shtml>
6. Как взломать IoT-устройство за 60 минут ? [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/755348/>
7. The Fresh Smell of ransomed coffee // DECODED [Электронный ресурс]. URL: <https://decoded.avast.io/martinhrn/the-fresh-smell-of-ransomed-coffee/>
8. Абраров Р.Р., Бурлаков М.Е. Уязвимости протокола маршрутизации в MESH-сети стандарта 802.11S // Вестник ПНИПУ. - 2017. - №23. - С. 66.

## **МЕРЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИЧНОСТИ В УЗБЕКИСТАНЕ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ**

Д.Р.Акабирходжаева

*Университет мировой экономики и дипломатии*

Электронная почта автора

dilfuzaakabir@gmail.com

Информационные технологии занимают все сферы жизни общества, обеспечивают модернизацию и улучшение социально-экономической жизни, создают условия для регулярного развития всех наук, эффективного использования новейших достижений фундаментальных, социальных и гуманитарных наук. Содержание и суть нынешней эпохи – это эпоха интеллектуального знания и «основанного на знаниях» общества.

Это порождает необходимость дифференцированного подхода к анализу процесса формирования и эволюции информационной культуры личности. На наш взгляд, важную роль в формировании информационной культуры играет следующее.

Во-первых, молодежь в основном заинтересована в использовании Интернета, а молодежь – это динамично растущая творческая сила, будущее страны, нации и государства. Интернет является важным ресурсом, формирующим мировоззрение, мышление, нравственность, общественно-политическое и культурно-духовное сознание молодежи.

Во-вторых, Интернет стал наиболее доступным и влиятельным средством массовой информации. Интернет стал источником информации и площадкой для представителей СМИ, редакторов журналов, публицистов, писателей, комментаторов. Интернет удовлетворяет информационные потребности сознания людей и социальных слоев.

В-третьих, в системе Интернет активно участвуют представители социальных слоев, принадлежащих к старшему поколению и имеющих определенную социальную позицию в обществе: политологи, юристы, экономисты, культурологи, философы, представители всех дисциплин.

В-четвертых, с системой Интернет эффективно работают лидеры общественного мнения, представители государственных организаций, лидеры политических партий, неправительственных и некоммерческих организаций.

На новом этапе развития общества Интернет превратился в бескрайнее информационное пространство. «Цель подобных усилий, служащих интересам главного субъекта и движущих сил информационного процесса, состоит в том, чтобы атаковать традиционный образ мышления, основанный на национальных интересах и ценностях, и создать единую экономическую, социальную, политическую и культурную систему. Цивилизация, основанная на западных моделях во всем мире, состоит из установок»[1].

Это наиболее эффективное и мощное средство формирования информационной культуры личности, в котором общественное мнение отражается публично. В этом смысле Интернет считается пространством формирования общественного мнения, принятия решений. Интернет – очень удобный способ удовлетворения человеком своих научных, идеологических и духовных потребностей. Через Интернет человек проявляет себя как личность, создает возможности для развития научного уровня своего духовного мира. В Интернете каждый может творить, создавать научные инновации, демонстрировать свои интеллектуальные возможности.

Сегодня наряду с полезной информацией негативное воздействие, особенно на сознание молодежи, оказывает деструктивная (религиозный экстремизм, терроризм, жестокость, против конституционного строя) и аморальная информация, распространяемая в Интернете.

В нашей республике принимается ряд законов и решений для защиты пользователей Интернета от этой вредоносной информации. В частности, 2 марта 2020 года издан Указ Президента Республики Узбекистан №5953, согласно которому уделяется внимание реализации ряда работ по приоритетным направлениям в сфере безопасности, религиозной толерантности и межнационального согласия. Данным пунктом предусмотрено принятие проекта решения Президента Республики Узбекистан, а также утверждение Национальной стратегии кибербезопасности на 2020-2023 годы[2].

Данная стратегия предусматривает регулирование деятельности в сфере борьбы с преступностью в национальном киберпространстве и формирование правовой базы в сфере единой системы кибербезопасности и защиты критической инфраструктуры от кибератак, а также усиление мер, принимаемых в стране в отношении кибербезопасности. В связи с этим рядом законодательных документов Республики Узбекистан установлены жесткие требования, направленные на защиту граждан от ненадлежащей информации. Прежде всего, статья 29 Конституции Республики

Узбекистан предусматривает, что каждый имеет право искать, получать и распространять ту информацию, которую он хочет, за исключением информации, направленной против действующего конституционного строя и других ограничений, установленных законом[3].

В то же время статья 159 УП Республики Узбекистан устанавливает уголовную ответственность за деяния, посягающие на конституционный строй Республики Узбекистан. Также статья 189 Кодекса об административной ответственности Республики Узбекистан и статья 130 Уголовного кодекса Республики Узбекистан предусматривают ответственность за производство, ввоз, распространение, рекламу и демонстрацию порнографической продукции.

Кроме того, в ряде законов нашей республики содержатся требования по защите граждан, особенно молодежи, от вредной для здоровья информации. В частности, согласно требованиям статьи 7 Закона Республики Узбекистан «О принципах и гарантиях свободы информации», запрещается искажение и фальсификация информации. Согласно требованиям статьи 14 этого Закона не допускается в нарушение закона оказывать психологическое воздействие на общественное сознание посредством информации[4].

Кроме того, 4 сентября 2014 года внесены изменения в Закон Республики Узбекистан «Об информации», направленные на регулирование деятельности блоггеров, то есть если в статье 3 настоящего Закона разъясняется термин «блоггер», в пункте 1 статьи указаны требования к блоггеру[5]. Вместе с тем, в соответствии с приказом Министра информационных технологий и развития связи Республики Узбекистан №173 от 21 мая 2018 года был принят документ «Правила предоставления сетей передачи данных, включая услуги Интернет». Сегодня в Узбекистане очень много блоггеров и телеграм-каналов, работающих на различные темы[6].

Также в соответствии с Законом Республики Узбекистан «Об информатизации» и в целях дальнейшего совершенствования системы обеспечения информационной безопасности в глобальной сети Интернет, для защиты интересов личности, общества и государства в информационной сфере издано Постановление Кабинета Министров от 5 сентября 2018 года № 707 «Меры по дальнейшему совершенствованию информационной безопасности во всемирной паутине».

В решении запрещается:

- «Вызовы существующему конституционному устройству и территориальной целостности Республики Узбекистан;
- Пропаганда войны, насилия и терроризма, а также идей религиозного экстремизма, сепаратизма и фундаментализма;
- Разглашение информации, составляющей государственную тайну или иную охраняемую законом тайну;
- Распространение информации, разжигающей национальную, расовую, этническую или религиозную вражду, а также причиняющую вред чести и достоинству граждан или репутации бизнеса, допускающие вмешательство в их частную жизнь;
- Пропаганда наркотических средств, психотропных веществ и прекурсоров ;
- Пропаганда порнографии.

В целом, сегодня нашей главной целью в вопросе интернет-безопасности в информационном пространстве является разработка и реализация мер по эффективной защите молодежи от вредной информации. В этой связи в определенной степени эффективны изменения и дополнения в законодательство, а также действия, направленные на организацию различных мероприятий и круглых столов в сфере борьбы с деятельностью религиозных экстремистских организаций.

Исходя из вышеизложенных угроз и проблем, сегодня можно сделать следующие предложения по обеспечению Интернет-безопасности в Республике Узбекистан:

- Помимо угроз ограничения веб-ресурсов в Постановлении Кабинета Министров №707 «О мерах по дальнейшему совершенствованию информационной безопасности во всемирной паутине» включены также онлайн-гемблинг и реклама зарубежных идей;

- пункт 1 статьи 12 Закона «Об информации» предусматривает ответственность блоггера не только за информацию на веб-ресурсе, но и за рекламу;

- путем объединения некоторых законов Республики Узбекистан об информации («О гарантиях и свободе получения информации», «О принципах и гарантиях свободы информации»), «Принципах и гарантиях свободы информации», создан новый закон;

- развитие деятельности блоггеров, ведущих борьбу с информационными атаками, направленными против Узбекистана и причиняющими вред обществу в сетях Интернет;

- налаживание преподавания специальных предметов (например, «Информационная психология»), раскрывающих социальные основы информационных угроз на всех уровнях образовательной системы;

- Необходимо уделять больше внимания просветительской роли имамов, поэтов, писателей, ученых в борьбе с вредными последствиями религиозного экстремизма и фундаментализма и их предотвращении, а также организовывать круглые столы в образовательных учреждениях с их участием.

Отражение таких норм в опыте национального законодательства важно в формировании идеологического иммунитета у нашей молодежи против различных информационных атак, чуждых нашему обществу идей, в воспитании наших детей на основе национальной духовности нашего народа, принятых традиций в наших семьях, в духе уважения к родителям. Ведь молодежь любой страны считается той силой, которая определяет ее будущее и судьбу. Так, священный долг каждого сознательного человека – защитить свою нацию, особенно молодое поколение, от негативного воздействия социальных сетей и сайтов, незащищенных от любых информационных атак и угроз «массовой культуры».

### Список использованной литературы

1. Б. Алиев, А. Меликулов. Знаете ли вы об информационных атаках? -Ташкент: Духовность. 2015. -13 с.
2. Указ Президента Республики Узбекистан от 2 марта 2020 года. / <https://lex.uz/docs/4751561>
3. Конституция Республики Узбекистан, «Узбекистон», Ташкент, 2020.
4. Статьи 7 и 14 Закона Республики Узбекистан «О принципах и гарантиях свободы информации», 23.03.2020. / <https://lex.uz/acts/52268>
5. Закон Республики Узбекистан «Об информации», <https://lex.uz/mobileact/83472>
6. <https://aniq.uz/uz/yangilikar/uzbekistonda-bloggerlar-reitingi-elon-qilindi>

### THE NETWORK SREPES16–4

G.N.Tuychiev<sup>1,a)</sup>, A.K. Jumakulov<sup>2,b)</sup>

<sup>1</sup>*National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek*

<sup>2</sup>*Tashkent University of Information Technology*

Author Emails

<sup>a)</sup> [blasterjon@gmail.com](mailto:blasterjon@gmail.com), <sup>b)</sup> [djumakulov19862106@gmail.com](mailto:djumakulov19862106@gmail.com)

The Proposed Encryption Standard (PES) is an iterated block cipher designed by Lai and Massey in 1990 [6], and this algorithm is based on the Lay–Messi scheme. PES is a 64-bit block cipher, using a 128-bit key. PES iterates 8 similar rounds plus an output transformation (that is treated as a half round). The International Data Encryption Algorithm (IDEA) is a 64-bit block cipher, using a 128-bit key, designed by Lai, Massey and Murphy in 1991 (see [7]). It is an evolution of PES. IDEA is a candidate block cipher to the NESSIE

Project. The block ciphers IDEA and PES use three group operations: addition modulo  $2^{16}$ , represented by  $\boxplus$ , bitwise exclusive-or, denoted  $\oplus$ , and multiplication modulo  $2^{16} + 1$ , denoted  $\otimes$ , with the exception that  $2^{16}$  is interpreted as 0.

The IDEA NXT block encryption algorithm is based on the extended Lai-Massey scheme developed by P. Junod, S. Vaudenay. Later, the IDEA NXT algorithm came to be known as FOX [5]. Using the structure of the PES block encryption algorithm, created networks with round function PES4–2[8], PES8–4[1], PES32–16[9], PES2m–m [10] and EPES8–2 [2], SREPES8-2 [3] and EPES16-4 [4].

In this article based on the structure encryption algorithm PES developed network SREPES16–4 (extended PES), which consists of sixteen subblocks and four round functions.

**Network structure.** In the proposed network SREPES16–4, the operations  $\otimes$  (mul),  $\boxplus$  (add) and  $\oplus$  (xor) can be used as operations  $z_0, z_1, z_2, z_3$ . Here  $\otimes$  – multiplication of 32 (16, 8) bit blocks by module  $2^{32} + 1 (2^{16} + 1, 2^8 + 1)$ ,  $\boxplus$  – addition of 32 (16, 8) bit blocks by module  $2^{32} (2^{16}, 2^8)$  and  $\oplus$  – addition of 32 (16, 8) bit blocks by XOR. It is possible to create block encryption algorithms with a block length of 512 bits when the length of the subblocks of the network is 32 bits, 256 bits with a block length of 16 bits, and 128 bits with a block length of 8 bits.

In the network SREPES16–4 the length of round keys  $K_{20(i-1)}, K_{20(i-1)+1}, \dots, K_{20(i-1)+15}$ ,  $i = \overline{1..n+1}$  is equal 32 (16, 8) bits. The length of round keys  $K_{20(i-1)+16}, K_{20(i-1)+17}, \dots, K_{20(i-1)+19}$ ,  $i = \overline{1..n}$  is not requested to be equal to 32 (16, 8) bits. The encryption formula of the network is given in formula (1), and the functional scheme is shown in Figure 1, and the round functions described in the formula

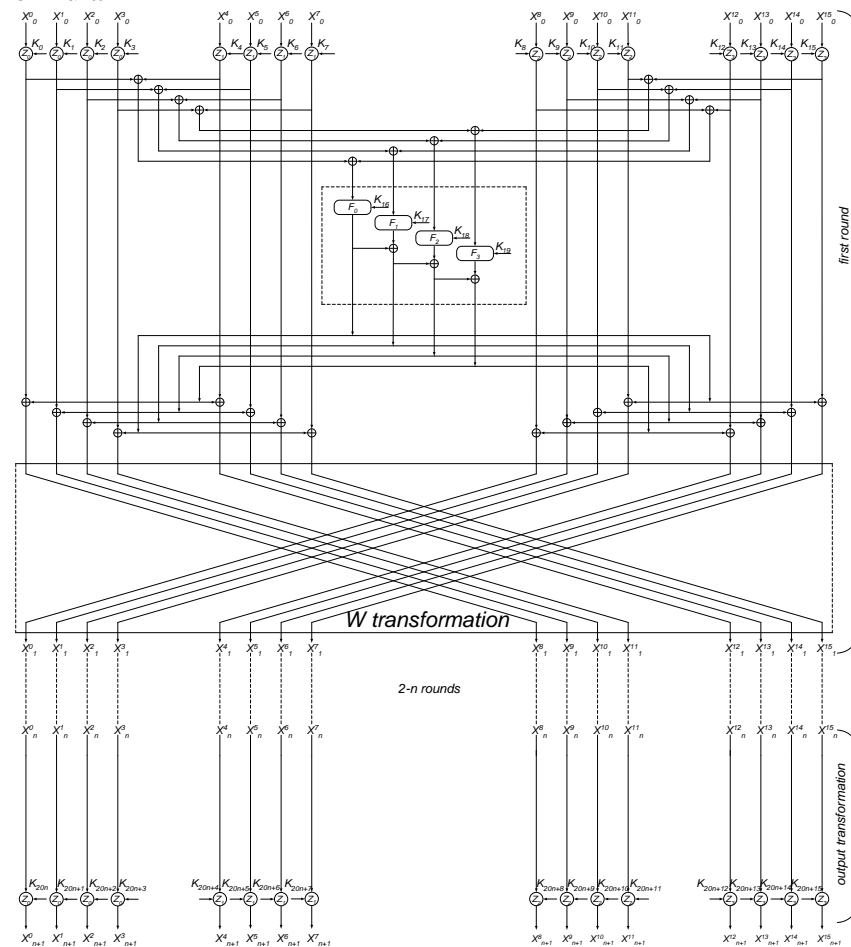


Figure 1. The scheme of network SREPES16–4

$$\begin{aligned}
T_i^0 &= F_0(((X_{i-1}^0(z_0)K_{20(i-1)}) \oplus (X_{i-1}^4(z_1)K_{20(i-1)+4})) \oplus \\
&((X_{i-1}^8(z_2)K_{20(i-1)+8}) \oplus (X_{i-1}^{12}(z_3)K_{20(i-1)+12})), K_{20(i-1)+16}) \\
T_i^1 &= F_1(((X_{i-1}^1(z_0)K_{20(i-1)+1}) \oplus (X_{i-1}^5(z_1)K_{20(i-1)+5})) \oplus \\
&((X_{i-1}^9(z_2)K_{20(i-1)+9}) \oplus (X_{i-1}^{13}(z_3)K_{20(i-1)+13})), K_{20(i-1)+17}) \\
T_i^2 &= F_2(((X_{i-1}^2(z_0)K_{20(i-1)+2}) \oplus (X_{i-1}^6(z_1)K_{20(i-1)+6})) \oplus \\
&((X_{i-1}^{10}(z_2)K_{20(i-1)+10}) \oplus (X_{i-1}^{14}(z_3)K_{20(i-1)+14})), K_{20(i-1)+18}) \\
T_i^3 &= F_3(((X_{i-1}^3(z_0)K_{20(i-1)+3}) \oplus (X_{i-1}^7(z_1)K_{20(i-1)+7})) \oplus \\
&((X_{i-1}^{11}(z_2)K_{20(i-1)+11}) \oplus (X_{i-1}^{15}(z_3)K_{20(i-1)+15})), K_{20(i-1)+19})
\end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{aligned}
X_i^0 &= (X_{i-1}^8(z_2)K_{20(i-1)+8}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \oplus T_i^2 \oplus T_i^3 \\
X_i^1 &= (X_{i-1}^9(z_2)K_{20(i-1)+9}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \oplus T_i^2 \\
X_i^2 &= (X_{i-1}^{10}(z_2)K_{20(i-1)+10}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \\
X_i^3 &= (X_{i-1}^{11}(z_2)K_{20(i-1)+11}) \oplus T_i^0 \\
X_i^4 &= (X_{i-1}^{12}(z_3)K_{20(i-1)+12}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \oplus T_i^2 \oplus T_i^3 \\
X_i^5 &= (X_{i-1}^{13}(z_3)K_{20(i-1)+13}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \oplus T_i^2 \\
X_i^6 &= (X_{i-1}^{14}(z_3)K_{20(i-1)+14}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \\
X_i^7 &= (X_{i-1}^{15}(z_3)K_{20(i-1)+15}) \oplus T_i^0 \\
X_i^8 &= (X_{i-1}^0(z_0)K_{20(i-1)}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \oplus T_i^2 \oplus T_i^3 \\
X_i^9 &= (X_{i-1}^1(z_0)K_{20(i-1)+1}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \oplus T_i^2 \\
X_i^{10} &= (X_{i-1}^2(z_0)K_{20(i-1)+2}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \\
X_i^{11} &= (X_{i-1}^3(z_0)K_{20(i-1)+3}) \oplus T_i^0 \\
X_i^{12} &= (X_{i-1}^4(z_1)K_{20(i-1)+4}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \oplus T_i^2 \oplus T_i^3 \\
X_i^{13} &= (X_{i-1}^5(z_1)K_{20(i-1)+5}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \oplus T_i^2 \\
X_i^{14} &= (X_{i-1}^6(z_1)K_{20(i-1)+6}) \oplus T_i^0 \oplus T_i^1 \\
X_i^{15} &= (X_{i-1}^7(z_1)K_{20(i-1)+7}) \oplus T_i^0
\end{aligned} \right. \quad , \quad i = \overline{1 \dots n} \tag{1}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{n+1}^0 = (X_n^0(z_0)K_{20n}) \\ X_{n+1}^1 = (X_n^1(z_0)K_{20n+1}) \\ X_{n+1}^2 = (X_n^2(z_0)K_{20n+2}) \\ X_{n+1}^3 = (X_n^3(z_0)K_{20n+3}) \\ X_{n+1}^4 = (X_n^4(z_1)K_{20n+4}) \\ X_{n+1}^5 = (X_n^5(z_1)K_{20n+5}) \\ X_{n+1}^6 = (X_n^6(z_1)K_{20n+6}) \\ X_{n+1}^7 = (X_n^7(z_1)K_{20n+7}) \\ X_{n+1}^8 = (X_n^8(z_2)K_{20n+8}) \\ X_{n+1}^9 = (X_n^9(z_2)K_{20n+9}) \\ X_{n+1}^{10} = (X_n^{10}(z_2)K_{20n+10}) \\ X_{n+1}^{11} = (X_n^{11}(z_2)K_{20n+11}) \\ X_{n+1}^{12} = (X_n^{12}(z_3)K_{20n+12}) \\ X_{n+1}^{13} = (X_n^{13}(z_3)K_{20n+13}) \\ X_{n+1}^{14} = (X_n^{14}(z_3)K_{20n+14}) , \text{ in the output transformation} \\ X_{n+1}^{15} = (X_n^{15}(z_3)K_{20n+15}) \end{array} \right.$$

**Keys generation.** In  $n$ -rounded SREPES16–4 network, in each round applied 20 round keys and in the output transformation applied 16 round keys, i.e. the total number of round keys is  $20n+16$ . In encryption, the basis of key  $K$  generating encryption round keys  $K_i^c$ . Decryption round keys  $K_i^d$  are created based on encryption round keys  $K_i^c$ . In encryption process in Figure 1 and formula (1), uses an encryption round key  $K_i^c$  instead of  $K_i$  and decryption process uses a decryption round key  $K_i^d$ , i.e. a single algorithm is used for encryption and decryption, only the order of the round keys. The  $n$ -round SREPES16–4 network in first, second and  $n$ -round decryption round keys are associated to the encryption round keys as follows:

$$\begin{aligned} & (K_{20(i-1)}^d, K_{20(i-1)+1}^d, K_{20(i-1)+2}^d, K_{20(i-1)+3}^d, K_{20(i-1)+4}^d, K_{20(i-1)+5}^d, K_{20(i-1)+6}^d, K_{20(i-1)+7}^d, K_{20(i-1)+8}^d, K_{20(i-1)+9}^d, \\ & K_{20(i-1)+10}^d, K_{20(i-1)+11}^d, K_{20(i-1)+12}^d, K_{20(i-1)+13}^d, K_{20(i-1)+14}^d, K_{20(i-1)+15}^d, K_{20(i-1)+16}^d, K_{20(i-1)+17}^d, K_{20(i-1)+18}^d, \\ & K_{20(i-1)+19}^d) = ((K_{20(n-i+1)}^c)^{z_0}, (K_{20(n-i+1)+1}^c)^{z_0}, (K_{20(n-i+1)+2}^c)^{z_0}, (K_{20(n-i+1)+3}^c)^{z_0}, (K_{20(n-i+1)+4}^c)^{z_1}, \\ & (K_{20(n-i+1)+5}^c)^{z_1}, (K_{20(n-i+1)+6}^c)^{z_1}, (K_{20(n-i+1)+7}^c)^{z_1}, (K_{20(n-i+1)+8}^c)^{z_2}, (K_{20(n-i+1)+9}^c)^{z_2}, (K_{20(n-i+1)+10}^c)^{z_2}, \\ & (K_{20(n-i+1)+11}^c)^{z_2}, (K_{20(n-i+1)+12}^c)^{z_3}, (K_{20(n-i+1)+13}^c)^{z_3}, (K_{20(n-i+1)+14}^c)^{z_3}, (K_{20(n-i+1)+15}^c)^{z_3}, K_{20(n-i)+16}^c, \\ & K_{20(n-i)+17}^c, K_{20(n-i)+18}^c, K_{20(n-i)+19}^c), i = \overline{1 \dots n}. \end{aligned} \quad (2)$$

If  $z_0, z_1, z_2, z_3$  applied as  $\otimes$  operations, then  $K = K^{-1}$ ,  $\boxplus$  operations are applied, then  $K = -K$  and  $\oplus$  are applied, then  $K = K$ , here  $K^{-1}$  – multiplication inversion  $K$  by modulo  $2^{32} + 1$  ( $2^{16} + 1, 2^8 + 1$ ),  $-K$  – additive inversion  $K$  by modulo  $2^{32}$  ( $2^{16}, 2^8$ ). For 32 bit numbers  $K \otimes K^{-1} = 1 \pmod{2^{32} + 1}$ , 16 bit numbers  $K \otimes K^{-1} = 1 \pmod{2^{16} + 1}$ , 8 bit numbers  $K \otimes K^{-1} = 1 \pmod{2^8 + 1}$  and  $-K \boxplus K = 0, K \oplus K = 0$ .



The decryption round keys of the output transformation are associated with encryption round keys as follows:

$$(K_{20n}^d, K_{20n+1}^d, K_{20n+2}^d, K_{20n+3}^d, K_{20n+4}^d, K_{20n+5}^d, K_{20n+6}^d, K_{20n+7}^d, K_{20n+8}^d, K_{20n+9}^d, K_{20n+10}^d, K_{20n+11}^d, K_{20n+12}^d, K_{20n+13}^d, K_{20n+14}^d, K_{20n+15}^d) = ((K_0^c)^{\zeta_0}, (K_1^c)^{\zeta_0}, (K_2^c)^{\zeta_0}, (K_3^c)^{\zeta_0}, (K_4^c)^{\zeta_1}, (K_5^c)^{\zeta_1}, (K_6^c)^{\zeta_1}, (K_7^c)^{\zeta_1}, (K_8^c)^{\zeta_2}, (K_9^c)^{\zeta_2}, (K_{10}^c)^{\zeta_2}, (K_{11}^c)^{\zeta_2}, (K_{12}^c)^{\zeta_3}, (K_{13}^c)^{\zeta_3}, (K_{14}^c)^{\zeta_3}, (K_{15}^c)^{\zeta_3}). \quad (3)$$

**Results.** In article on the basis of the encryption algorithm PES and the extended Lai-Massey scheme developed network SREPES16–4. In developed network as round function can choose any transformation, including one-way functions. Because when decryption no need to calculate inverse round functions. The advantage of the developed networks is that the encryption and decryption using the same algorithm. It gives comfort for creating hardware and software-hardware tools.

In addition, as the round function using the round function of the existing encryption algorithms for example, encryption algorithms based on Feistel networks, you can develop these algorithms on the basis of the above networks

## Reference

1. M.M. Aripov, G.N. Tuychiev. PES8–4 network consisting of four rounds of functions, Proceedings of the International Scientific Conference «Actual Problems of Applied Mathematics and Information Technology - Al-Khwarizmi 2012», collection № II. - Tashkent. 2012, 16–19 p.
2. A.K. Jumakulov. The Network EPES8–2, International journal of multidisciplinary research and analysis, 2022 vol. 5 issue 5, India, pp. 975-982 (2022) (IF: 6.261)(<https://doi.org/10.47191/ijmra/v5-i5-14>)
3. A.K. Jumakulov, G.N. Tuychiev. The network SREPES8-2, Galaxy international interdisciplinary research journal(GIIRJ), vol.10, issue.12 (2022)
4. A.K. Jumakulov, G.N. Tuychiev. The network EPES16-4, Eurasian journal of mathematical theory and computer sciences, vol.3, No.5 (2023) (UIF = 8.3 | SJIF = 5.916)
5. P. Junod, S. Vaudenay. FOX: a new family of block ciphers, In 11th Selected Areas in Cryptography (SAC) Workshop, LNCS 3357, p. 114–129. Springer–Verlag.
6. X. Lai, J.L. Massey. A proposal for a new block encryption standard, Advances in Cryptology - Proc. Eurocrypt’90, LNCS 473, Springer – Verlag, 1991, 389–404 p.
7. X. Lai, J.L. Massey. On the design and security of block cipher, ETH series in information processing, v.1, Konstanz: Hartung–Gorre Verlag, 1992.
8. G.N. Tuychiev. PES4–2 network consisting of two rounds of functions, Journal of Informatics and Energy Problems journal of Uzbekistan, –Tashkent, 2013. №5–6, 107–111 p. (05.00.00, №5).
9. G.N. Tuychiev. On the network PES16–8, consisting of eight round functions, Information security. –Kyiv. 2014. Volume 16. No.4. –p. 318–322.
10. G.N. Tuychiev. On the network PES32–16, consisting of sixteen round functions, Security of Information. –Kyiv. 2014. Volume 20. No.1. –p. 43–47.
11. G.N. Tuychiev. On the network PES2m–m, consisting of m round functions and its modification, Security of Information. –Kyiv, 2015. Volume 21. No. 1. 52–63 p.

## ANALYSIS THE TOOLS OF PROTECTION DDOS ATTACKS AND THEIR FEATURES

O.N.Bekmirzaev<sup>1,a)</sup>, N.D.Eshonqulov<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup>Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi

Author Emails

a) [bekmirzayevobidjon1989@gmail.com](mailto:bekmirzayevobidjon1989@gmail.com), b) [obidjonbekjon@mail.ru](mailto:obidjonbekjon@mail.ru)

Along with the rapid development in technology as well as network architectures, cybersecurity becomes a primary issue for organizations such as commercial trades, banks, military networks. Symantec shows that cybercriminals could exploit the communication channels among IoTs (Internet of Things) devices to perform an increasing of 600% in overall IoTs attacks in 2017. According to Cisco Cybersecurity Reports, even though global web traffic enhances security by using encryption techniques, there still exist 42% of organizations that have been faced with DDoS attacks.

Many companies suffer from numerous network security problems without ever actually realizing it. What’s worse, when these problems go unresolved, they can create openings for attackers to breach a company’s security infrastructure to steal data and generally wreak havoc. There are far too many potential problems to cover in one online post in detail. So, this article will cover a few of the most common network security problems and their solutions to help you cover your bases.

Classification of specific types of attacks to computer network:

1. Denial-of-service (DoS) and distributed denial-of-service (DDoS) attacks;
2. Man-in-the-middle (MitM) attack;
3. Phishing and spear phishing attacks;
4. Drive-by attack;
5. Password attack;
6. SQL injection attack;
7. Cross-site scripting (XSS) attack;
8. Eavesdropping attack;
9. Cryptojacking.

Denial-of-service (DoS) and distributed denial-of-service (DDoS) attacks: A denial-of-service attack overwhelms a system’s resources so that it cannot respond to service requests. A DDoS attack is also an attack on system’s resources, but it is launched from a large number of other host machines that are infected by malicious software controlled by the attacker. Unlike attacks that are designed to enable the attacker to gain or increase access, denial-of-service doesn’t provide direct benefits for attackers. For some of them, it’s enough to have the satisfaction of service denial. However, if the attacked resource belongs to a business competitor, then the benefit to the attacker may be real enough. Another purpose of a DoS attack can be to take a system offline so that a different kind of attack can be launched. There are different types of DoS and DDoS attacks, the most common are TCP SYN flood attack, teardrop attack, smurf attack, ping-of-death attack and botnets.

Password attack: passwords are the most commonly used mechanism to authenticate users to an information system, obtaining passwords is a common and effective attack approach. Access to a person’s password can be obtained by looking around the person’s desk, ‘sniffing’ the connection to the network to acquire unencrypted passwords, using social engineering, gaining access to a password database or outright guessing.

Denial-of-service (DoS) and distributed denial-of-service (DDoS) attacks: SYN Flood, SYN-ACK Flood, ACK or ACK-PUSH Flood, Fragmented ACK Flood, RST/FIN FLOOD, Fake Session Attack, UDP Flood, UDP Fragmentation, Non-spoofed UDP Flood, ICMP Flood, ICMP Fragmentation Flood, PING Flood, TOS Flood, IP Specially Crafted Packet and NTP Flood.

Table 1: DDoS Attack Tools/Software Download For Linux, Windows and Mac

| <b>Name</b> | <b>Features</b>  | <b>Platform</b> |
|-------------|--|-----------------|
| DDoS Attack | Respond in real-time. Detect malicious activity.   | Linux + Windows |
| LOIC        | Test the performance of the network. Loic does not hide an IP address. Perform stress testing. | Windows         |

|                  |  |                             |
|------------------|--|-----------------------------|
| HOIC             | Attack up to 256 websites at once. Counter for measure the output.   | Windows+ Mac OS             |
| HULK             | Bypass the cache server. Generate unique network traffic. Used for research purposes.                                  | Windows                     |
| DDoSSIM          | Create full TCP connections. Perform a network attack. TCP connection flood on random port.                            | Linux + Windows             |
| <i>PyLoris</i>   | This tool enables you to attack using HTTP request headers.  | Windows, Mac OS, and Linux. |
| <i>OWASP</i>     | It allows you to distribute and transmit the tool with others. It helps you to decide the server capacity.             | Windows                     |
| <i>GoldenEye</i> | It is one of the ddos tools which is easy to use app written in Python. Arbitrary creation of user agents is possible. | Windows + Linux.            |

**DDoS Attack** is a tool that can be used to perform a Distributed Denial of Service attack. This application can monitor the event log from numerous sources to find and detect DDoS activities.

**Features:** 1. This application can detect communication with control servers and commands; 2. It provides respond in real-time; 3. You can easily filter specific timeframes, IPs, or parameters; 4. The tool helps you to detect malicious activity between the command-and-control server.

**LOIC (Low Orbit ION cannon)** is open-source software use for DDoS attack. This ddos tool is written in C#. This tool sends HTTP, TCP, and UDP requests to the server.

**Features:** 1. LOIC is one of the free ddos attack tools which helps you to test the performance of the network; 2. It enables you to create a DDoS attack online against any site that they control; 3. Loic does not hide an IP address even if the proxy server is not working; 4. It helps you to perform stress testing to verify the stability of the system; 5. This ddos software can be used to identify ddos programs that may be used by hackers to attack a computer network.

**High Orbit Ion Cannon** is a free denial-of-service attack tool. It is designed to attack more than one URLs at the same time. This ddos tool helps you to launch DDoS attacks using HTTP (Hypertext Transfer Protocol).

**Features:** 1. You can attack up to 256 ddos websites at once; 2. It has a counter that helps you to measure the output; 3. It can be ported over to Linux or Mac OS; 4. You can choose the number of threads in the current attack; 5. HOIC enables you to control attacks with low, medium, and high settings.

**HULK (HTTP Unbearable Load King)** is a web server DDoS tool. It is one of the free ddos attack tools specifically used to generate volumes of traffic at a webserver.

**DDoSSIM (DDoS Simulator)** is a tool that is used to create a distributed denial-of-service attack against a target server. It is written in C++ and can be used on the Linux operating system.

**PyLoris** is a software product for testing network vulnerability by performing Distributed Denial of Service (DDoS) attack online. It helps you to manage ddos online and control poorly manage concurrent connections.

**OWASP (Open Web Application Security Project) HTTP Post** software enables you to test your web applications for network performance. It helps you to conduct denial of service from a single machine.

**RUDY** is a short form of R-U-Dead-Yet. It is one of the free ddos attack tools that helps you to perform the DDoS attack online with ease. It targets cloud applications by starvation of sessions available on the web server.

**GoldenEye** tool conducts a DDoS attack by sending an HTTP request to the server. It utilizes a KeepAlive message paired with cache-control options to persist socket connection busting.

**Cloudflare** is an authoritative DDoS fighter with the broad scope of protection mechanisms. The tool mitigates attacks, thus allowing your website to function normally. With Cloudflare, you can maintain full-capacity and availability regardless of the strength of the attack. Its Shared Network Intelligence enables software network to become smarter over time, making it easier to notice and eliminate new threats. If you are running a small website or a blog, you can even use the basic Cloudflare features free of charge.

**Arbor DDoS** is a specialized service that utilizes the so-called intelligently automated DDoS attack protection products. The purpose of this software is mostly to protect larger systems such as enterprises, telecommunication service providers, or web hosting services. Arbor DDoS can deal with up to 140 Tbps of attack traffic without disrupting the regular traffic. It puts an extra emphasis on mobile protection, thus improving the overall quality of network infrastructure and applications.

### **Conclusion**

Important security problems in computer networks were considered, Classification of specific types of attacks to computer networks were introduced, Types of Distributed denial of service attack (DDoS) attacks and their features were described and the tools protection of information from DDoS attacks were analyzed.

### **Reference**

1. Axmedova N., Bekmirzaev O. Analysis of methods of fighting against network attacks of the “Denial of Service” Category on Information Systems // Central Asian Journal of Education and Computer Sciences (CAJECS). – 2022. – T.1. –№. 5. – C. 17-23.
2. B. O. Nuralievich and M. B. Boltaevich, “Method of Detection and Elimination of Tracks of Attacks in the Information System,” 2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2021, pp. 1-2, doi: 10.1109/ICISCT52966.2021.9670060.
3. B. O. Nuralievich, M. B. Boltaevich and B. U. Bahrom Ugli, “The Procedure for Forming a List of Sources of Attack in the Information System,” 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICISCT55600.2022.10146884.

## **KIBERXAVFSIZLIK ASOSLARI FANIDAN DARSLARNI O’TISH KONSEPTUAL MODEL**

Sh.B.Sayfullayev<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup>*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU*

<sup>a)</sup>sherzodsay@gmail.com

Talabalar deyarli har kuni kiberob'ektlarga ham, kiberxavfga ham duch kelishadi, chunki ular hayotlarining muhim qismini Internetda o'tkazadilar. Ular ta'lim muassasidagi uy vazifalarini tayyorlash, film tomosha qilish, onlayn o'yinlar o'ynash va ijtimoiy tarmoqlarda muloqot qilish kabi faoliyatlar bilan shug'ullanadi. Shuning uchun o'qituvchilar, ota-onalar, murabbiylar ularga kibermakonda malakali xatti-harakatlarni o'rgatishlari kerak. Bu xavfsiz internetdan foydalanish bo'yicha yo'riqnomalarda ta'kidlangan bo'lib, unda bugungi kunda nafaqat ta'lim jarayonida axborot xavfsizligi bo'yicha maxsus kursni ishlab chiqish va joriy etishni ta'minlash zarurligi ta'kidlangan, jumladan, kiberxavfsizlik modullari, balki “kibermakonda xavfsiz xulq-atvor madaniyatini shakllantirish va rivojlantirish va uning xizmatlaridan xavfsiz foydalanish” bo'yicha ko'rsatmalarni yaratish ham nazarda tutilgan.

Dasturiy ta'minot ishlab chiquvchilari, ta'lim portallari va talabalar kiberxavfsizlik asoslarini o'rgatish xususiyatlari haqida o'z qarashlarini taklif qilishadi. Masalan, Yandex akademiyasi "Onlayn xavfsizlik" kursini joylashtirmoqda, Kasperskiy laboratoriyasi o'z veb-saytida barcha yoshdagilar uchun kiberxavfsizlik bo'yicha maslahatlarni e'lon qildi va Yevropa Kengashining "Bolalar va bolalar uchun Yevropani qurish" dasturi doirasida o'yin "Walk

through the Wild" Internet o'rmoni yaratilgan [1]. Professor-o'qituvchilari integratsiyalashgan darslarni ishlab chiqmoqdalar. Ammo bu borada ko'plab ishlar hali amalga oshirilmagan.

Hozirgi kunda ko'pgina ta'lim muassalarida informatika 5-sinfdan boshlab o'qitiladi. Ko'pgina o'qituvchilar o'z ishlarida original dasturidan foydalanadilar. Biroq, batafsil tahlil kibexavfsizlik asoslarini o'rgatish nuqtai-nazaridan mualliflik dasturining bir qator kamchiliklarga ega bo'lishi mumkin:

1) mavjud kibertahdidlarni va ular bilan yuz kelganda harakat qilish qoidalarini tavsiflamasdan qolishi;

2) kibexavfsizlik bo'yicha material taqdim etilmay qolishi, natijada, talabalar darslarga tayyorgarlik ko'rayotganda global tarmoq bo'yicha ma'lumotni tobora ko'proq qidirishlari kerak bo'ladi;

3) kibermakon, kiberjinoyatlarning turlari, kibertahdidga duch kelgan vaziyatlarda xulq-atvor xususiyatlari, shaxsga doir ma'lumotlar va ularni saqlashning ahamiyati, global tarmoqdagi amaldagi qonunchilik va hokazolar o'rganilmaganligicha qolmoqda.

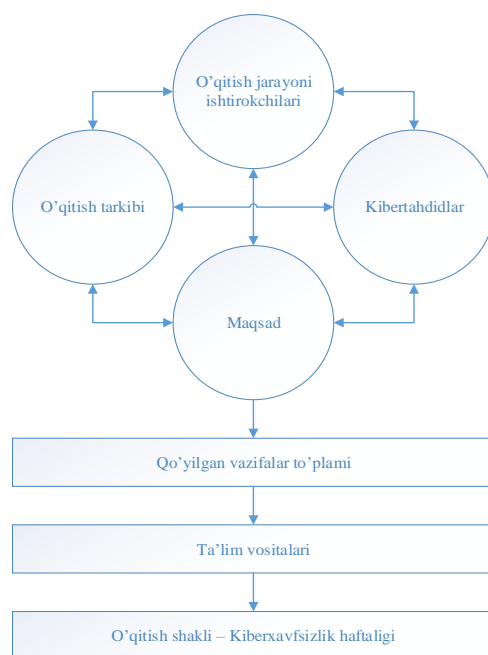
Kibexavfsizlik asoslarini o'rgatish uchun biz ishlab chiqqan konseptual model mavjud kibertahdidlar tasnifiga asoslanadi. Ko'pgina talabalar, ularning ota-onalari va professor-o'qituvchilari kundalik hayotlarida u yoki bu kibertahdidga duch kelishadi, bu o'quv jarayonida hisobga olinishi kerak; Yuqorida aytilganlarga muvofiq, ta'lim muassasasida kibexavfsizlik asoslarini o'rgatish maqsadi shakllantirildi, bu talabada kibermakonning tuzilishi, undagi ishlash tamoyillari, Internet foydalanuvchilari uchun mavjud tahdidlar, qoidalar to'g'risida bilimlarni shakllantirishdir. Bu tabalariga global tarmoqdagi shaxsga doir ma'lumotlarini himoya qilish imkonini beradi. Ushbu maqsadga quyidagi vazifalarni hal qilish orqali erishish mumkin:

1) kibexavfsizlikning asosiy tushunchalarini, masalan, kibermakondagi xatti-harakatlar qoidalarini tavsiflovchi ko'rsatmalarni qo'llash orqali kiritish;

2) darslarda amaliy masalalar tizimidan foydalangan holda o'quvchilarda kibermakonda harakat qilish ko'nikmasini shakllantirish;

3) interaktiv o'yinlar o'tkazish yoki simulyatorlardan foydalanish orqali kibertahdidga duch kelgan vaziyatlarda professor-o'quvchilarning xulq-atvor ko'nikmalarini rivojlantirish;

4) ota-onalar yig'ilishlarini o'tkazish uchun o'quv va uslubiy materiallardan foydalangan holda uyda ota-onalar uchun kibexavfsiz muhitni yaratish. Ushbu muammolarni hal qilishning mumkin bo'lgan tashkiliy shakllaridan biri, kibexavfsizlik haftaligidir. Aniqlangan kibertahdidlarga, belgilangan maqsad va vazifalarga muvofiq, o'quv jarayoni ishtirokchilarining ehtiyojlarini hisobga olgan holda, shuningdek, "Kibexavfsizlik asoslari" uslubiy tavsiyalari asosida o'quv mazmuni tashkil etiladi. Quyida kibexavfsizlik asoslarini o'rgatish bo'yicha taklif etilayotgan kontseptual modelimizning diagrammasi keltirilgan (1-rasm).



1-rasm. Kiberxavfsizlik asoslari darslari bo'yicha ta'limning konseptual modeli

Ta'riflangan model doirasida quyidagilar taklif etiladi:

1) mualliflik dasturining o'quv-uslubiy to'plamiga kiritilgan darsliklar va ish kitoblari materiallarini to'ldirish. Kiberxavfsizlik masalalari bo'yicha maxsus ishlab chiqilgan muammoli va nazariy materiallar bilan, o'qituvchilarni malakasini oshirish va qayta tayyorlash tizimiga kiritishlari mumkin,

2) o'rganishda uchun bo'sh vaqtlardan unumli foydalanish;

3) har bir ta'lim tashkilotida kiberxavfsizlik haftaliklarini o'tkazish.

Takliflar qilinayotgan vazifalar amaliy xarakterga ega. Ular turli yoshdagi talabalarning psixologik va pedagogik xususiyatlarini hisobga olgan holda tuzilgan. Ularning asosiy o'ziga xosligi shundaki, talabalar kibertahdidga duch kelganda muammoli vaziyatlarda qaror qabul qilishlari kerak. Muammoni hal qilish orqali talabalar hamma saytlarga ham ishonish mumkin emasligini tushunadilar. Fishing saytlari (dublikat saytlar) mavjud bo'lib, ularning interfeysi taniqli kompaniyalar, banklar va onlayn-do'konlarning saytlariga o'xshaydi. Biroq, ularga kirish xavfli, shaxsga doir ma'lumotlar yoki moliyaviy aktivlarning yo'qolishiga olib kelishi mumkin.

Xulosa o'rinida, amalga oshirilayotgan tadqiqotlar davomida ta'lim jarayonining barcha ishtirokchilari kiberxavfsizlik sohasida malakali bo'lishi kerakligi aniqlanadi. Eng yaxshi ta'sirga ushbu muammoni hal qilishda kompleks yondashuv bilan erishish hisoblanadi. Taklif bo'yicha har yili ta'lim muassasalarida kiberxavfsizlik haftaliklarini o'tkazish, professor-o'qituvchilar tomonidan o'qitish jarayonida kiberxavfsizlik masalalari bo'yicha nazariy va muammoli materiallarni o'z ichiga olgan to'plamdan tizimli foydalanish joriy qilish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Троицкая О.Н., Ширикова Т.С., Безумова О.Л., Лыткина Е.А. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ОСНОВНОЙ ШКОЛЕ // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 5; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=28073>

## STEGANOGRAPHY IN IOT COMMUNICATIONS

Khurshidbek Anvarjonov<sup>1</sup>, Asilbek Alijonov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National University of Uzbekistan

xurshidbektatu@gmail.com

Steganography is the practice of concealing information within another message or physical object to avoid detection. Steganography can be used to hide virtually any type of digital content, including text, image, video, or audio content. Steganography can help improve security by giving security through obscurity, since the focus of steganography is to hide sensitive data in an object.

### Literature review

Over recent years, many definitions of the Internet of Things (IoT) have been presented. They generally refer to trends in integrating digital capabilities, including network connectivity, with physical devices and systems. IoT as “a world of interconnected things that are capable of sensing, actuating and communicating among themselves and with the environment (i.e., smart things or smart objects). In addition, IoT provides the ability to share information and autonomously respond to real/physical world events by triggering processes and creating services with or without direct human intervention”. In contrast, defines IoT as “a network that connects uniquely identifiable ‘things’ to the Internet. The ‘things’ have sensing/actuation and potential programmability capabilities. Through the exploitation of unique identification and sensing, information about the ‘things’ can be collected, and the state of the ‘thing’ can be changed from anywhere, anytime, by anything”. IoT networks comprise billions of connected devices exchanging an exponentially growing global volume of data. As these devices handle sensitive data, ensuring their protection should be paramount. Steganography and cryptography techniques can be used to address cybersecurity concerns in IoT networks [1]. In steganography, the interest is in concealing the existence of a message from a third party, while in cryptography, the purpose is to make a message unreadable to a third party. Additionally, the main objective of steganographic systems is to provide a secure, undetectable, and imperceptible way to conceal a high rate of data in a digital medium. It is used under the assumption that it will not be detected if no one is attempting to uncover it. Steganography techniques manipulate the characteristics of digital media files and use them as carriers (covers) to hide secret information (payload).

### Main part

Firstly, Steganography vs cryptography illustrate a brief comparison between these two techniques.

|                      | <b>Cryptography</b>                              | <b>Steganography[2]</b>                       |
|----------------------|--|---|
| Application          | Secret communication using scrambled information | Secret communication using hidden information |
| Supported data       | Text   | Digital medium (Text, audio, video, image)    |
| Secret key type      | Single (private)<br>Double keys (public)         | Single (private)                              |
| Key size importance  | Critical   | Moderate                                      |
| Usage                | All communications types                         | Dependent on payload capacity                 |
| Human perception     | Visible but unreadable                           | Invisible/Inaudible                           |
| Machine based attack | Cryptoanalysis                                   | Steganalysis                                  |
| Attack result        | Secret information recovered                     | Secret communication detected                 |

*Steganography* and *cryptography* are important parts of *network security*. Network security has evolved into an essential component of today's communication infrastructure. There was an urgent need for network security to protect confidentiality and data integrity. It protects the user from unauthorized access.

### Steganography

It is a method of hiding information by hiding the secret message within a fake message. The term steganography contains Greek influences, which mean

"covered writing". The primary goal of steganography is to prevent suspicion regarding the existence of data. In the past, the message was concealed using invisible ink, pencil marks on the handwritten characters, and tiny pin punctures. The simplest method of hiding a message is to compose a message that contains the hidden message just within a select few important characters.

### **Types of Steganography**

1. Audio Steganography
2. Image Steganography
3. Video Steganography
4. Text Steganography
5. Network or Protocol Steganography

### **Cryptography**

It is a method for securing data and communications by employing codes that only the persons who require the information can understand and process. As a result, it aids in preventing unwanted access to information. The word cryptography means "Secret or hidden writing". Cryptography techniques are developed from mathematical concepts and a set of rule-based computations known as algorithms to modify communications in ways that make them complex to decode. These algorithms are utilized to generate cryptographic keys, verify data privacy, digitally sign documents, and protect confidential transactions like credit card and debit card transactions.

### **Types of Cryptography**

1. Symmetric Key Cryptography
2. Asymmetric key cryptography
3. Hash Functions

### **Conclusion**

Steganography is the science that deals with how communication may be disguised, whereas cryptography is the science that deals with altering communication content and making it hidden. The most significant distinction between steganography and cryptography is that the data structure remains constant with steganography, whereas it is not the case in cryptography. Steganography does not require many mathematical transformations, whereas cryptography alters data using number theory, mathematics, and other approaches.

### **Reference**

1. B.K. Tripathy, J. Anuradha, "Internet of things (IoT)" //CRC Press Taylor&Francis, 2018, p.359.
2. Fatiha Djebbar, "Securing IoT Data Using Steganography: A Practical Implementation Approach" Article Electronics 2021, p 1-8.

## **IOT TIZIMLARIDA TROJAN HUUJMLAR**

Sh. Arolova<sup>1</sup>, A. O'Imasov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti  
arolovashaxnoza28@gmail.com

O'rtacha murakkablikdagi ImC(Integral mikrosXemalar) uchun mumkin bo'lgan trojanlar soni turli xil faollashtirish mexanizmlari (triggerlar deb ataladi) va effektlar (foydali yuklar deb ataladi) bilan haddan tashqari ko'p bo'lishi mumkin. Bunday zararli qo'shimchalar chipda "josuslar yoki terrorchilar" sifatida samarali harakat qiladi. Ushbu zararli sxemalar kompyuterning operatsion tizimiga (OT) hujum qiladigan dasturiy ta'minot trojanlariga o'xshash "apparat trojanlari" deb nomlanadi[1].

Apparat trojanining ikkita asosiy xususiyati quyidagilardir:

- 1) u g'arazli niyatga ega bo'lishi kerak;



2) u an'anaviy ishlab chiqarishdan keyingi sinov-validatsiya jarayonida aniqlashdan qochishi kerak.

Ham tarkibiy, ham funksional, har xil turdagi ishlab chiqarishda zaifliklar va uskuna troyanlarini aniqlashga qaratilgan tekshirishlar.

|                  | ZAIFLIK  | USKUNA TROYANI   |
|------------------|--|--|
| FAOLLASHTIRISH   | ODATDA MA'LUM FUNKSIONAL HOLATDA                           | ICHKI AYLANMA HOLATNING IXTIYORIY COMBINATSIYASI(raqamli/analog)                     |
| KIRITISH AGENTI  | TASODIFIY(ishlab chiqarish jaravonidagi mukammallik uchun) | MAQSADLI(ImC ishlab chiqarish yoki loyihalash jaravonida raqib tomonidan kiritilgan) |
| NAMOYON BO`LISHI | FUNKSIONAL(parametrik) nosozlik                            | FUNKSIONAL/PARAMETRIK MA'LUMOTLARNING ISHLAMAYQOLISHI YOKI TARQALISHI                |

1-Rasm. Zaifliklar va uskuna troyan hujumlari o'rtasidagi taqqoslash.

1-rasmda apparat troyanlarining xossalari nosozliklar bilan taqqoslanadi. Ishlab chiqarish jarayonida kiritilgan kamchiliklar tufayli yuzaga keladigan dizayndagi nosozliklardan farqli o'laroq, apparat troyanlari ma'lum bir zararli maqsadga xizmat qilish uchun dushman tomonidan ataylab kiritiladi. Nosozlik kontaktlarning zanglashiga olib kelib ma'lum funktsional holatida faollashtirilgan bo'lsa (masalan, inverter chiqishidagi tiqilib qolgan nosozlik, uning kirishini 0 mantiqiy qiymatiga rostdash orqali faollashtirilishi mumkin), troyanni shunday loyihalash mumkin: ixtiyoriy murakkab sharoitda, shu jumladan ichki elektron tugunlarida sodir bo'ladigan hodisalar ketma-ketligini faollashtirish[2].

|                | DASTUR TROYANI   | USKUNA TROYANI   |
|----------------|--|--|
| FAOLLASHTIRISH | KODDA BO`LGAN VA IJRO ETILGAN ZARARLI DASTURLAR  | USKUNA(ImC)DA YASHAYDI VA UNING ISHLASHI BILAN FAOLLASHADI                     |
| ZARARLANTIRISH | FOYDALANUVCHILARNING O`ZARO TA`SIRI ORQALI TARQALADI, MASALAN, INTERNETDAN FAYLNI YUKLASH VA ISHGA TUSHIRISH | DIZAYNERLIK UYIDA YOKI ISHLAB CHIQRISHDA ISHONCHSIZ SHAXSLAR ORQALI KIRITILGAN |
| CHORA/YECHIM   | S/W TA`SIRIDA O`CHIRISH MUMKIN   | ImC ISHLATILGANIDAN KEYIN UNI OLIB TASHLAB BO`LMAYDI                           |

2-Rasm. Uskuna troyan hujumlariga qarshi dasturiy ta'minotning ishlashi.

Uskuna troyanlariga qarshi dasturiy ta'minot 2-jadvalda apparat troyanlari asosiy xossalari bo'yicha o'zining dasturiy hamkasblaridan farqlanadi. Troyan oti (STH- software Trojan horse) - bu operatsion tizimga imtiyozli kirish huquqiga ega bo'lgan va ma'lumotni o'g'irlashi yoki asosiy kompyuterga zarar yetkazishi mumkin bo'lgan zararli kodli zararli dastur turidir (masalan, ma'lumotlarni o'chirish yoki buzish)[2].

STH hujumini ko'pincha amalda troyanga qarshi dasturni ishga tushirish orqali tozalash mumkin, u troyanni kuzatadi va o'chiradi. Uskuna troyanlari ImC ishlab chiqarilishidan oldin unga kiritiladi. STH dan farqli o'laroq, apparat troyanini ishlab chiqarilgandan so'ng chipdan olib tashlash deyarli mumkin emas va shuning uchun amalda ishlash paytida uni bartaraf etish juda qiyin bo'ladi.

### Foydalanilga adabiyotlar

1. S. Bhunia et al., "Protection against hardware Trojan attacks: Towards a comprehensive solution," IEEE Design Test Comput., vol. 30, no. 3, pp. 6–17, May–Jun. 2013.
2. B.K. Tripathy, J. Anuradha, "Internet of things(IoT)" //CRC Press Taylor&Francis, 2018, p.359.

# BLOWFISH SIMMETRIK BLOKLI SHIFRLASH ALGORITMI

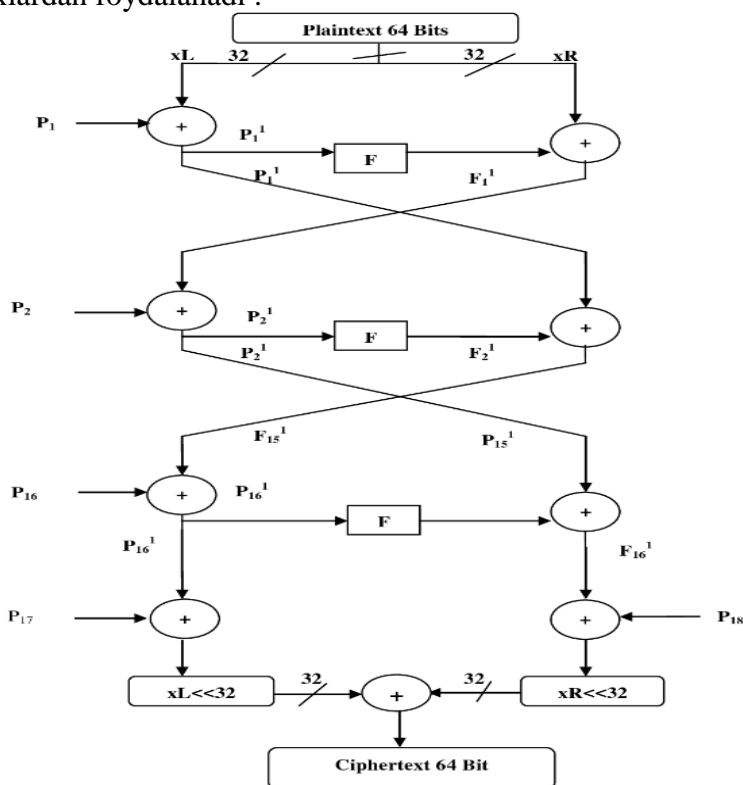
L.G.Xolbo'tayeva

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy Universiteti magistranti

lazizaxolbutayeva156@gmail.com

Blowfish 1993 yilda Bryus Shnayer tomonidan ishlab chiqilgan va ko'plab shifrlash to'plamlari va shifrlash mahsulotlariga kiritilgan simmetrik kalitli blokli shifrdir. Blowfish dasturiy ta'minotda yaxshi shifrlash tezligini ta'minlaydi va hozirgacha uning samarali kriptotahlili topilmagan.

Blowfish 64 bitli blok hajmiga va 32 bitdan 448 bitgacha bo'lgan o'zgaruvchan kalit uzunligiga ega. Algoritm ikki qismdan iborat: kalitni kengaytirish qismi va ma'lumotlarni shifrlash qismi. Ma'lumotlarni shifrlash 16 raundli Feistel tarmog'idan va kalitga bog'liq bo'lgan katta S- boxlardan foydalanadi.



1-rasm. Blowfish algoritmi umumiy blok sxemasi

Dastlab shifrlanishi kerak bo'lgan blok m ikki qismga ajratiladi.

$L_0$  – 32 bitli blok;

$R_0$  – 32 bitli blok;

*Blowfish shifrining bir raundida amalga oshiriladigan amallar quyidagicha.* Dastlab  $L_{i-1}$  va  $P_i$  (K kalit va  $P_1, P_2, \dots, P_{18}$  o'zgarma-lardan hosil qilingan pastki qisman kalit) XOR amali bajariladi. So'ngra  $f(L_{i-1} \oplus P_i)$  funksiya bajariladi. Funksiya natijasi  $R_{i-1}$  bilan XOR amali bajarilib  $L_i$  ga taminlanadi.

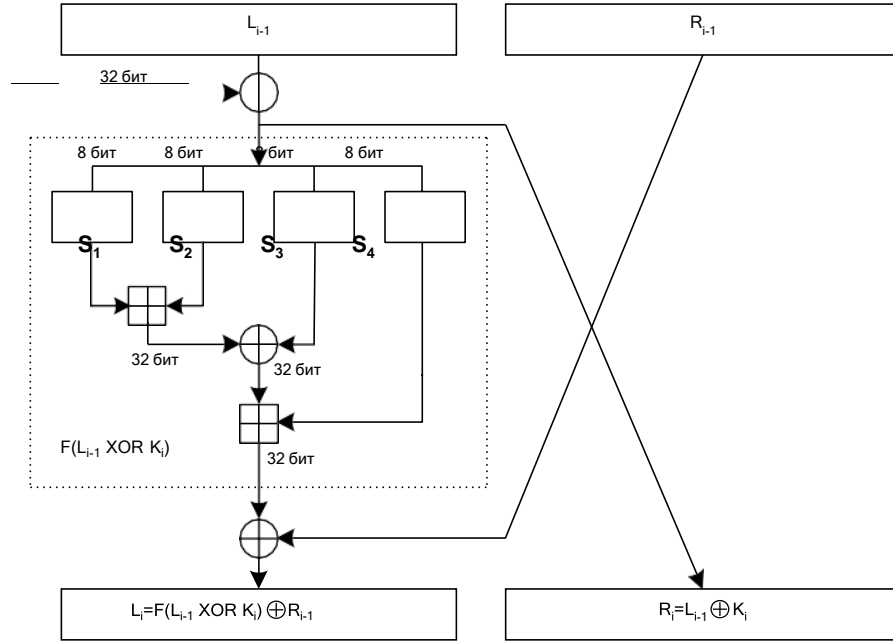
$R_i$  esa  $L_{i-1} \oplus P_i$  ga teng bo'ladi.

Shunday qilib i-chi raundi matematik ko'rinishi quyidagicha bo'ladi:

$$\begin{cases} R_i = L_{i-1} \oplus P_i \\ L_i = R_{i-1} \oplus f(L_{i-1} \oplus P_i) \end{cases} \quad (1)$$

Ohirgi 16-raunddan chiqqan natijaning o'ng ( $R_{15}$ ) va chap ( $L_{15}$ ) qismlariga mos ravishda  $P_{17}$  va  $P_{18}$  qism kalitlar 2 ning moduli bo'yicha qo'shilib natija hosil qilinadi.

$$C = \{L_{15} \oplus P_{17}, R_{15} \oplus P_{18}\} \quad (2)$$



2-rasm. Blowfish algoritmi i- raundi blok sxemasi

Blowfish algoritmi  $f(R_{i-1}, P_i)$  shifrlash funksiyasi. Dastlab 32 bitli  $L_{i-1} \oplus P_i$  4 ta S bloklarga bo'linadi. Ushbu S bloklar 16x16 matritsadan iborat.

So'ngra  $f(R_{i-1}, P_i)$  funksiya hisoblanadi.

$$f(R_{i-1}, P_i) = \left( \left( \left( (S_1^i + S_2^i) \bmod 2^{32} \right) \text{XOR } S_3^i \right) + S_4^i \right) \bmod 2^{32} \quad (3)$$

Kalitlarni hosil qilish. Bizga K-umumiy kalit va  $P'_1, P'_2, \dots, P'_{18}$  o'zgarmlar berilgan.

$$P'_1, P'_2, \dots, P'_{18} = \text{const } \{32\text{bit}\} \quad (1.13)$$

$$K = [\text{min } 32\text{bit}, \text{max } 448\text{bit}] \quad (1.14)$$

Dastlab K 32 bitlik bo'laklarga bo'linadi.

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_z\} \quad z = \{1, 2 \dots 14\}, z \in N \quad (4)$$

So'ng pastki raund kalitlar hisoblanadi.

$$\begin{aligned} P_1 &= P'_1 \oplus k_1, P_2 = P'_2 \oplus k_2, P_3 = P'_3 \oplus k_3, \dots, P_{14} = P'_{14} \oplus k_{14}, P_{15} = P'_{15} \oplus k_1, \\ P_{16} &= P'_{16} \oplus k_2, \\ P_{17} &= P'_{17} \oplus k_3, P_{18} = P'_{18} \oplus k_4 \end{aligned} \quad (5)$$

Bunda K kalitdan hosil qilingan qisman kalitlar 14 ta (va undandan kam) bo'lganligi uchun pastki raund kalitini hisoblash uchun kalitlar  $P_{15}$  dan boshlab qayta ishlatiladi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Bryus Shnayer(1993). "Description of a New Variable-Length Key, 64-Bit Block Cipher (Blowfish)" *Tez dasturiy ta'minot shifrlash, Kembrij xavfsizlik seminari materiallari*. Springer-Verlag: 191–204.
2. Akbarov D.E. "Axborot xavfsizligini ta'minlashning kriptografik usullari va ularning qo'llanilishi" Toshkent . 2008 – 83-84 b.
3. "Bcrypt - Blowfish File Encryption" Archived 2015-08-29 at the Wayback Machine bcrypt file encryption program homepage

4. Tom Gonzalez (January 2007). "A Reflection Attack on Blowfish" (PDF). Journal of LATEX Class Files. Archived from the original (PDF) on 2015-11-18. Retrieved 2015-11-17.
5. Vincent Rijmen (1997). "Cryptanalysis and Design of Iterated Block Ciphers" (PostScript). *Ph.D. Thesis*. Archived from the original on 2013-05-08.

## **AXBOROT XAVFSIZLIGIDAGI ZAIFLIKLARINI ANIQLASH KLASSIFIKATSIYASI**

Islomjon Sattorov

*Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zMU magistranti*

2023-yil sentabr holatiga eng ko'p foydalaniladigan zaifliklar, Smallpot loyihasi SANS instituti (SysAdmin, Audit, Network, Security) va FBR infratuzilmalarni himoya qilish Milliy markazi (NIPC) har yili hisobot tayyorlab, ularda o'tgan yil davomida internet uchun eng xavfli zaifliklar keltiriladi. SANS versiyasi bo'yicha 2004-yilning yigirmata asosiy zaifliklari:

- Windows OT dagi asosiy zaifliklar
- Web Servers & Services
- Workstation Service
- Windows Remote Access Services
- Microsoft SQL Server (MSSQL)
- Windows Authentication
- Web Browsers

Kompyuterlar endi paydo bo'lganida «xaker» so'zi hurmatga loyiq so'z bo'lgan edi. Bu so'zdan operatsion tizimi yaxshiroq ishlashi uchun uning yadrosi bir qismini qayta yozishga yoki barchaning yodidan chiqqan administratorlik parolini «olib tashlashga» qodir kompyuter daholiklarini ifoda etish uchun foydalanganlar. Xakerlarni nostandart fikrlashlari va eng murakkab muammolarni oqilona hal qilishni bilishlari uchun hurmat qilganlar. Biroq vaqt o'tishi bilan so'zning o'ziga xos ahamiyatli ifodasi yo'qoldi, chunki barcha «xakerlar» ham OT yadrosini o'zgartirish va o'z hamkasblarining iltimoslarga ko'ra parollarni tiklash bilan cheklanmadilar. Ulardan ba'zilar «bu mumkin ekanligini» isbotlash uchun yaxshi himoyalangan kompyuter tizimlariga buzib kira boshladilar va nihoyat qandaydir muhim axborotni yoki tizim resurslarini o'g'irlash maqsadida omonot kirish chegarasini buzib o'tdilar. Kompyuter hamjamiyati «xaker» termini tushunchasi yemirilishga duch kelib, bir necha qo'shimcha terminlar, misol uchun, «script kiddie» va «cracker» terminlarini foydalanishga kiritdi. «Script kiddie» terminidan xakerlik sohasida katta bilimlarga ega bo'lmagan va buzib kirish uchun begonalar xakerlik utilitlaridan — skriptlar, eksploytlar va shu kabilardan foydalanuvchi insonlarni ifoda etish uchun foydalaniladi. «Cracker» termini o'z bilimlari darajasi bo'yicha script kiddie va xaker o'rtalarida bo'lgan insonlarni ifoda etish uchun foydalaniladi. U dasturlarni buzib kirishni va misol uchun nusxa olishdan himoyalanişdan xalos qilishni biladi, ammo yangi zaifliklarni mustaqil topish yoki xakerlik utilitlarini yozish uchun yetarlicha aqlli emas. Xakerlikka «nomzodlar» boshqalar yaratgan xakerlik utilitlaridan foydalana boshlaganlarida, dasturlarni buzib, servislarni o'g'iray boshlaganlarida va shu bilan bir vaqtda, qandaydir ijtimoiy foydali ish bajarib, «krekerlar» esa dasturlarni buzishni hamda nusxa olish himoyasini yo'qotishni to'xtatib internetda kompyuterlarni buzishga kirishganlarida ahvol yanada murakkablashdi. «Xaker» termini mana shu barcha o'zgarishlar sababli uning tushunchasi ancha kamroq «qora-oq» bo'lib boradi va natijada, «black hat», «white hat» va «grey hat» terminlari taqdim etiladi. «Black hat» — yomon, «qora» xaker, u axborotlarni o'g'irlash maqsadida dasturlarni va boshqa tizimlarni buzib kiradi, DDoS-hujumlarini ishga soladi va kredit kartalar raqamlarini o'g'iraydi. «White hat», «oq» xaker, «xaker» termini asl tushunchasiga ancha yaqin — ko'p bilimlarga ega dasturchi va xavfsizlik bo'yicha ekspert, o'z iste'do-didan kompyuter tizimlari xavfsizligini oshirish hamda

jinoyatchilarni tutish uchun foydalanadi. Qandaydir «grey hat» va barchasi bilan ozozdan shug'ullanuvchi jaydari xakerlar o'rtasida bo'ladilar. «Xaker», «kreker» va «script kiddie» terminlari internetda va boshqa ommaviy axborot vositalarida ko'p ishlatiladi, biroq axborot xavfsizligini ta'minlash sohasida mashg'ul bo'lgan insonlar xakerlarni «oq» va «qoralarga» ajratishni afzal biladilar. Nihoyat, mana shu barcha terminlar subyektiv hisoblanadi, ulardan foydalanuvchi insonning u yoki bu guruhga taalluqligiga bog'liq bo'ladi va aslida kim «qora», kim esa — «oq» xaker ekanligi to'g'risida uzoq tortishuvlarni keltirib chiqarishi mumkin. Zaifliklardan foydalanishning ko'plab usullari mavjud. Xakerlik hujumi uchun bir eksployt, bir vaqtning o'zida bir necha eksploytlardan, dastur komponentlari noto'g'ri sozlashlaridan yoki hatto avvalgi hujum jarayonida operatsion tizimi o'rnatilgan bekdor-dasturidan foydalanish mumkin. Shu sababli xakerlik hujumini aniqlash juda murakkab, ayniqsa, tajribasiz foydalanuvchi uchun mushkul masala hisoblanadi. Ushbu bo'limda kompyuter xaker hujumiga duchor bo'lganmi yoki hatto ilgari kompyuterga buzib kirilganini aniqlashiga yordam beruvchi maslahatlarni ifoda etishga harakat qilamiz. Viruslar holatida bo'lgani kabi ushbu usullar bilan xakerlar hujumini qayd eta olasiz deb hech kim yuz foiz kafolat bera olmasligini eslatib o'tamiz. Umuman olganda, agar sizning tizimingiz buzilgan bo'lsa, unda albatta, quyida keltirilgan belgilarni kuzatasiz. Windows-kompyuterlar:

- Shubhali juda yuqori chiqish trafiki. Agar siz daylap yoki ADSL-ulanishdan foydalansangiz va juda ko'p sonli chiqish trafiginiz sezib qolsangiz (xususan, kompyuteringiz ishlayotgan va internetga ulangan ammo undan foydalanmayotgan paytda namoyon bo'ladigan), unda sizning kompyuteringizga buzib kirilgan bo'lishi mumkin. Bunday kompyuter spamni yashirin tarqatish yoki tarmoq qurtlarini tarqatish uchun foydalanilishi mumkin.

- Qattiq disklarning yuqori faolligi yoki ildiz direktoriyalarida shubhali fayllar. Ko'pchilik hakerlar kompyuterni buzib kirgandan so'ng bank hisob markazlari yoki PayPal kabi elektron to'lov tizimlariga loginlar va parollar majud bo'lgan qiziqarli hujjatlar yoki fayllarni izlash maqsadida undagi axborotlarni skanerdan o'tkazishni amalga oshiradilar. Ba'zi tarmoq qurtlari shu kabi usulda diskda email manzillari bilan fayllarni izlaydilar, keyinchalik ulardan zararlangan xatlarni tarqatishda foydalaniladi. Agar siz kompyuter hatto ishlamay turganida ham qattiq disklarning katta faolligini, umumiy foydalanish papkalarida shubhali nomlar bilan fayllar paydo bo'lishini sezib qolsangiz, bu ham kompyuterni buzib kirilganligi yoki hatto uning operatsion tizimi zararli dastur bilan zararlanganligi belgisi bo'lishi mumkin.

- Personal tarmoqlararo ekran tomonidan to'xtatiladigan bir manzilning o'zidan ko'p sonli paketlar. Nishonni aniqlagandan so'ng (misol uchun, biror-bir kompaniyaning 33 yoki uy tarmog'i IP-manzillari diapazonini) xakerlar odatda, tizimga kirish uchun turli eksploytlar to'plamidan foydalanishga urinuvchi avtomatik skanerlarni ishga tushiradilar. Agar siz personal tarmoqlararo ekranni ishga tushirsangiz (xakerlar hujumidan himoyalashda fundamental vosita) va bir manzilning o'zidan qoldirilgan juda ko'p sonli paketlarni sezib qolsangiz, bu — sizning kompyuteringizga hujum uyushtirilayotganligi belgisidir. Lekin agar sizning tarmoqlararo ekraningiz shunday paketlarning to'xtashini xabar qilsa, unda kompyuteringiz xavfsiz holatda bo'lishi mumkin. Biroq ko'p tomoni internetga ulanish uchun qaysi ishga tushirilgan servislar ochiq ekanligiga bog'liq bo'ladi. Masalan, personal tarmoqlararo ekran sizning kompyuteringizda ishlayotgan FTP-servisga qaratilgan hujumni bartaraf qila olmasligi mumkin. Bunday holatda ulanishga urinishlar to'xtamagunicha xavfli paketlarni vaqtinchalik to'la taqiqlab qo'yish muammo yechimi hisoblanadi. Ko'pchilik personal tarmoqlararo ekranlar mana shunday funksiyalarga ega. Jinoyatchi sayyoramizning boshqa tomonida o'g'irlagan pullariga qurilgan villasida, hovuz oldida hordiq chiqarib yotib, sizning kompyuteringizdan maxfiy axborotlarni o'g'irlashi mumkin. Ishbilarmonlar dunyosida esa, ko'plab katta korporatsiyalar korporativ obro'ni yo'qotmaslik mazmunida ularning kompyuter tarmoqlariga buzib kirilganligi haqida umuman xabar qilishni istamaydilar. Bularning barchasi kompyuter jinoyatlari ko'pincha jazolanmasdan qolinishini anglatadi.

## Foydalanilgan adabiyotlar

1. Brinkley, D. L., & Schell, R. R. (1995). Concepts and terminology for computer security. Information Security: An integrated collection of essays, 40-97.
2. William G.J. Halfond, Jeremy Viegas and Alessandro Orso, “A Classification of SQL Injection Attacks and Countermeasures,” College of Computing Georgia Institute of Technology IEEE, 2006.
3. OWASP: Top 10 Security Threats 2013. Retrieved online: [https://www.owasp.org/index.php/Top\\_10\\_2013-A1-Injection](https://www.owasp.org/index.php/Top_10_2013-A1-Injection) (2013)

## KRIPTOGRAFIK HESH FUNKSIYA ALGORITMLARINING QIYOSIY TAHLILI

E.X.Mirzaxmedova<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup>Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy Universiteti.

<sup>a)</sup>mirzaxmedova02@gmail.com

**SHA – Secure Hash Algorithm** AQSHning standartlar va texnologiyalar Milliy instituti (NIST) tomonidan 1992-yilda axborotni qayta ishlash federal standarti – **PUB FIPS 180** ko‘rinishida nashr qilindi va 1995-yilda qaytadan ko‘rib chiqilib, **SHA-1** deb nomlandi. SHA algoritmi MD4 algoritmiga asoslangan bo‘lib, tuzilishi jihatidan ham juda yaqin hisoblanadi. SHA algoritmi **MDC – Merkle Damgard Construction** ga asoslangan.

2002-yilda AQSHning yangi hesh funksiya standarti **PUB FIPS 180-2** qabul qilindi. Bu standartda 4 ta hesh funksiya – **SHA-1, SHA-256, SHA-384** va **SHA-512** algoritmlari keltirilgan. Ushbu tezisda PUB FIPS 180-2 standartiga kiruvchi algoritmlardan – SHA-1, SHA-256 hamda SHA-512 larning solishtirma tahlilini ko‘rib chiqamiz.

Quyidagi jadval yordamida algoritmlarning bir necha parametr va xususiyatlari bo‘yicha o‘zaro solishtirish o‘xshash va farqli tomonlarini ko‘rish mumkin:

| SHA-1                                   | SHA-256                      | SHA-512                      |
|---|------------------------------|------------------------------|
| <b>O‘lchov bitlari bo‘yicha farqlar</b> |                              |                              |
| Ochiq matn uzunligi                     |                              |                              |
| $< 2^{64}$ bit                          | $< 2^{64}$ bit               | $< 2^{128}$ bit              |
| Blok uzunligi                           |                              |                              |
| 512 bit                                 | 512 bit                      | 1024 bit                     |
| Qisman blok uzunligi                    |                              |                              |
| 32 bit                                  | 32 bit                       | 64 bit                       |
| Hesh qiymat uzunligi                    |                              |                              |
| 160 bit                                 | 256 bit                      | 512 bit                      |
| <b>Raundlar soni</b>                    |                              |                              |
| 80 ta                                   | 64 ta                        | 80 ta                        |
| <b>Funksiyalar</b>                      |                              |                              |
| $W_t$                                   |                              |                              |
| $W_t=M_t (0 \leq t \leq 15)$            | $W_t=M_t (0 \leq t \leq 15)$ | $W_t=M_t (0 \leq t \leq 15)$ |

|   |   |   |
|---|---|---|
| $W_t=(W_{t-3} \oplus W_{t-8} \oplus W_{t-14} \oplus W_{t-16}) \lll 1$<br>( $16 \leq t \leq 79$ )  | $W_t=\sigma_1(W_{t-2})+W_{t-7}+\sigma_0(W_{t-15})+W_{t-16}$<br>( $16 \leq t \leq 63$ )  | $W_t=\sigma_1(W_{t-2})+W_{t-7}+\sigma_0(W_{t-15})+W_{t-16}$<br>( $16 \leq t \leq 79$ )  |
| <b>Mantiqiy funksiyalar</b>   |   |   |
| $f_1=(x \wedge y) \vee (\neg x \wedge z)$<br>$f_2=x \oplus y \oplus z$<br>$f_3=(x \wedge y) \vee (x \wedge z) \vee (y \wedge z)$<br>$f_4=x \oplus y \oplus z$ | $f_1=(x \wedge y) \oplus (\neg x \wedge z)$<br>$f_2=(x \wedge y) \oplus (x \wedge z) \oplus (y \wedge z)$<br>$\Sigma_0=S^2(x) \oplus S^{13}(x) \oplus S^{22}(x)$<br>$\Sigma_1=S^6(x) \oplus S^{11}(x) \oplus S^{25}(x)$<br>$\sigma_0=S^7(x) \oplus S^{18}(x) \oplus R^3(x)$<br>$\sigma_1=S^{17}(x) \oplus S^{19}(x) \oplus R^{10}(x)$ | $f_1=(x \wedge y) \oplus (\neg x \wedge z)$<br>$f_2=(x \wedge y) \oplus (x \wedge z) \oplus (y \wedge z)$<br>$\Sigma_0=S^{28}(x) \oplus S^{34}(x) \oplus S^{39}(x)$<br>$\Sigma_1=S^{14}(x) \oplus S^{18}(x) \oplus S^{41}(x)$<br>$\sigma_0=S^1(x) \oplus S^8(x) \oplus R^7(x)$<br>$\sigma_1=S^{19}(x) \oplus S^{61}(x) \oplus R^6(x)$ |
| <b>O'zgarmas qiymatlar</b>  |   |   |
| K   |   |   |
| <i>5A827999</i><br><i>6ED9EBA1</i><br><i>8F1BBCDC</i><br><i>CA62C1D6</i>  | Birinchi 64 ta tub sonlar[2, 3, ..., 311] dan olingan kub ildizi kasr qismining dastlabki 32 biti   | Birinchi 80 ta tub sonlar[2, 3, ..., 409] dan olingan kub ildizi kasr qismining dastlabki 64 biti   |
| Boshlang'ich initsializatsiya vektorlari  |   |   |
| <i>A=67452301</i><br><i>B=EFCDAB89</i><br><i>C=98BADCFE</i><br><i>D=10325476</i><br><i>E=C3D2E1F0</i>   | <i>A=6A09E667</i><br><i>B=BB67AE85</i><br><i>C=3C6EF372</i><br><i>D=A54FF53A</i><br><i>E=510E527F</i><br><i>F=9B05688C</i><br><i>G=1F83D9AB</i><br><i>H=5BE0CD19</i>  | <i>A=6A09E667F3BCC908</i><br><i>B=BB67AE8584CAA73B</i><br><i>C=3C6EF372FE94F82B</i><br><i>D=A54FF53A5F1D36F1</i><br><i>E=510E527FADE682D1</i><br><i>F=9B05688C2B3E6C1F</i><br><i>G=1F83D9ABFB41BD6B</i><br><i>H=5BE0CD19137E2179</i>  |
| <b>Hesh qiymatni hisoblash jarayoni</b>   |   |   |
| $T=A \lll 5 \oplus f_1(B,C,D) \oplus E \oplus K_t$<br>$\oplus W_t$<br>$E=D; D=C; C=B \lll 30;$<br>$B=A; A=T$<br>( $0 \leq t \leq 79$ )                        | $T_1=H+\Sigma_1(E)+f_1(E,F,G)+K_t$<br>$+W_t$<br>$T_2=\Sigma_0(A)+f_2(A,B,C)$<br>$H=G; G=F; F=E;$<br>$E=D+T_1; D=C; C=B; B=A$<br>$A=T_1+T_2$<br>( $0 \leq t \leq 63$ )   | $T_1=H+\Sigma_1(E)+f_1(E,F,G)+K_t$<br>$+W_t$<br>$T_2=\Sigma_0(A)+f_2(A,B,C)$<br>$H=G; G=F; F=E;$<br>$E=D+T_1; D=C; C=B; B=A$<br>$A=T_1+T_2$<br>( $0 \leq t \leq 79$ )   |

Hisoblashda foydalanilgan operatorlar sharhi:

$\wedge$  – bit bo'yicha VA amali (ko'paytirish).

$\vee$  – bit bo'yicha YOKI amali (qo'shish).

$\oplus$  – bit bo'yicha XOR amali.

$+$  –  $2^w$  ni moduli bo'yicha qo'shish.

$\neg$  – bit bo'yicha to'ldirish amali (inkor).

$S_R^n(x)$  –  $x$  so'zini  $n$  bit o'ngga siklik surish.

$S_L^n(x)$  –  $x$  so'zini  $n$  bit chapga siklik surish.

$R^n(x)$  –  $x$  so'zini  $n$  bit o'ngga surish.

Har bir algoritmda kiruvchi xabarni to'ldirish zarur bo'ladi:

$M$  ma'lumotning uzunligi  $l$  ga teng bo'lsin. Xabar uzunligi har bir algoritmning blok uzunligiga karrali qilib kengaytiriladi. Ma'lumotning uzunligidan keyin bitta 1 ga teng bo'lgan bit qo'shiladi va  $k$  ta nollar yoziladi.  $k$  quyidagicha aniqlanadi:

SHA-1 va SHA-256 uchun -  $k \equiv (448 - (l + 1)) \bmod 512;$

SHA-512 uchun -  $k \equiv (896 - (l + 1)) \bmod 1024.$

Qolgan bitlari esa  $M$  ma'lumot uzunligi –  $l$  ning ikkilik ko'rinishidagi qiymati bilan to'ldiriladi.

**Natijalar.** Tahlil natijasi shuni ko'rsatadiki, SHA-1 va SHA-256 algoritmlari uchun o'lchov bitlari uzunliklari bir xil bo'lsa, funksiyalar va hesh qiymat esa SHA-256 va SHA-512 algoritmlarida bir xil aniqlanadi.

SHA-1 algoritmidagi hesh qiymatni aniqlash jarayoni 4 ta qismga bo'lib aniqlanadi ya'ni har 20 raundda funksiya ko'rinishi va o'zgarmas kalit qiymati o'zgaradi. Qolgan 2 algoritmda esa funksiya ko'rinishi raundlarning barchasi uchun bir xil ko'rinishda bo'ladi. O'zgarmaslar har bir raund uchun turli xil qiymatga ega bo'ladi.

Boshlang'ich initsializatsiya vektorlari turlicha qiymatga ega hamda ularning uzunliklari algoritmlardagi qisman blok uzunligiga teng bo'ladi.

Hesh qiymat uzunligi va ko'rinishi algoritmlarning har biri uchun turli xilda bo'ladi. Buning uchun quyidagi  $M$ ="axborot xavfsizligi" xabarini hesh qiymatlarini quyidagi jadvalda ko'rishimiz mumkin:

| SHA-1 (160 bit)   | SHA-256 (256 bit)  | SHA-512 (512 bit)  |
|---|--|--|
| A3 5F 49 AE 22 B8 A2 18 2E<br>92 A6 15 19 C0 98 94 A6 17<br>E7 7F | 5D 59 F3 8E B7 6C 74 E2 60<br>45 32 43 B9 6A B7 E2 CE 8D<br>0D 5C D7 30 D2 B2 8D 46<br>4B 9D 16 5E 79 5D | 49 FA 1C D3 FC 6F E6 17 74<br>61 AE 48 34 23 3F B3 53 A3<br>0F 7E E5 62 16 DC 1A C1 82<br>BC CC 74 60 CB 93 1A 8D<br>26 27 E8 CA 5D FF 5A F9 4A<br>20 5A 38 9E 86 A3 13 03 1C<br>91 B3 E2 C6 77 13 05 EF D8<br>94 9C |

#### Adabiyotlar ro'yxati:

1. Federal Information Processing Standards (FIPS) Publication 180-2. Secure Hash Standard (SHS). 2002 August 1.
2. Descriptions of SHA-256, SHA-384 and SHA-512.
3. Christof Paar and Jan Pelzl. Understanding Cryptography – A textbook for students and practitioners. Chapter 11 – Hash Functions. 2009 October 29.
4. Алферов А. П., Зубов А. Ю., Кузьмин А. С. Черемушкин А. В. Основы криптографии: Учебное пособие, 2-е изд. - М.: Гелиос АРВ, 2002. - 480 с.
5. D. Y. Akbarov. Axborot xavfsizligini ta'minlashning kriptografik usullari va ularning qo'llanilishi. – Toshkent, "O'zbekiston markasi" nashriyoti, 2009 – 432 bet.

## RESEARCH ON SOFTWARE OPTIMIZATION METHODS FOR SM4 AND SM4 VARIANT

Liu Lingyun<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>PhD student, Faculty of Applied Mathematics and Intellectual Technologies, National University of Uzbekistan

<sup>2</sup>Lecturer, Faculty of Physics and Electronic Information Engineering, Jining Normal University

### 1.Introduction to SM4

SM4 is China's national standard for packet ciphers and is widely used in various information systems and security products. Some application environments have high demands on the performance of software implementation of cryptographic algorithms. Some application environments have high demands on the performance of software implementation of cryptographic algorithms. At present, there is not much research on SM4 software implementation method, so it is important to study the fast software implementation technique



of SM4 algorithm. In this paper, the optimization of the software implementation of SM4 is given. In addition, the software implementation optimization of SM4 variant is further studied.

In this work, the methods of implementation of the SM4 encryption algorithm transformations in the Python programming language were studied. It was found that the implementation of S-box in the form of a 1-dimensional table allows to achieve efficiency in terms of time. An efficient method has also been found for the cyclic shift left operation. The results obtained for the code written in the Python programming language for the encryption algorithm were compared with other implementation options in terms of the time spent on encryption and decryption, and it was found that this implementation method allows to achieve higher efficiency in terms of time.

SM4 is the basic packet cipher used in the Chinese wireless LAN security standard WAPI (Wireless LAN Authentication and Privacy Infrastructure), which is the first commercial cryptographic algorithm announced by the Chinese government in 2006[1]. In 2012 it was announced as the standard for commercial packet ciphers in China. In 2021 it became part of the international standard ISO/IEC. SM4 has received a lot of attention in the cryptographic field from the beginning of its appearance [2].

SM4 is a Feistel structure packet cipher algorithm. SM4 algorithm is designed by Shu-Wang Lu, Da-Wei Li, Chao Zhang and others and drafted by the related standard [3], its group length and key length are 128 bits, and the algorithm adopts the non-equilibrium Feistel structure. The SM4 is decrypted by 32 rounds of nonlinear iteration with an inverse order transformation, which is convenient for decryption, and the decryption round key only needs to be the inverse order of the encryption round key, while the decryption algorithm remains the same as the encryption algorithm.

SM4 including algorithm structure, key and key parameters, round function F, permutation T, encryption algorithm, decryption algorithm, key expansion algorithm. Fig. 1. is the encryption process of the SM4 block cipher. Fig.2. is permutation T.

## 2.Introduction to SM4 variant

SM4 variant is denoted by SM4 Mix, where instead of the cyclic left-shift operations used in the SM4 algorithm, the linear transformation used in the AES algorithm is used, the MixColumns transformation is used [4].

In the MixColumns representation, the state column elements are expressed as coefficients of a polynomial not larger than the third degree, given in this polynomial algorithm:  $g(x) = \{03\}x^3 + \{01\}x^2 + \{01\}x + \{02\}$  multiplied by mod  $x^4+1$  to the polynomial.

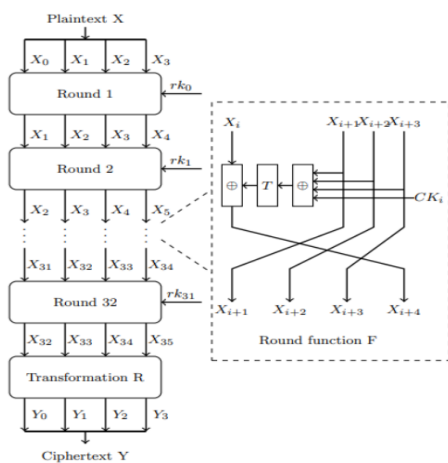


Fig. 1. The encryption process of the SM4 block cipher

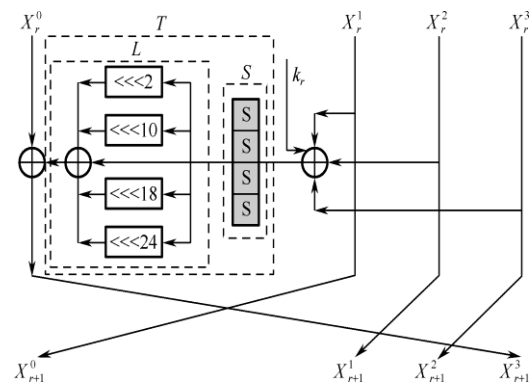


Fig.2. permutation T

This transformation can be represented in matrix form as follows:

$$\begin{bmatrix} s_{0j} \\ s_{1j} \\ s_{2j} \\ s_{3j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \{02\} & \{03\} & \{01\} & \{01\} \\ \{01\} & \{02\} & \{03\} & \{01\} \\ \{01\} & \{01\} & \{02\} & \{03\} \\ \{03\} & \{01\} & \{01\} & \{02\} \end{bmatrix} \bullet \begin{bmatrix} s_{0j} \\ s_{1j} \\ s_{2j} \\ s_{3j} \end{bmatrix} \quad 104$$

where  $c$  is the column number.

### 3. Software optimization

In the Python programming language, substitution tables (S-boxes) can be expressed in 1-dimensional (Sbox\_Table1) ways. Depending on the expression, the tables are referenced. An efficient method has also been found for the cyclic shift left operation, move  $n$  bit to the left, move size- $n$  to the right, then XOR.

MixColumns() with Lut\_table is the time required to use the pre-calculated table Lut\_table. The time taken to encrypt and decrypt 100,000 blocks of plaintext using this software code was compared with other implementations. Table1 shows the comparison results. From the results in Table1, we can see that the implementation method proposed in this work has a time-efficient performance compared to other proposed implementation methods.

Table 1.

The time it takes to encrypt and decrypt 100,000 blocks

|    | Implementation      | Time spent (sec) (SM4) |                    |
|----|---------------------|------------------------|--------------------|
|    |                     |                        | Decryption process |
|    | [5]                 | 36.23312               | 36.06769           |
|    | [6]                 | 9.26895                | 10.14109           |
|    | [7]                 | 6.723578               | 6.760374           |
| 4. | SM4                 | 5.526601               | 5.759675           |
| 5. | SM4_Mix (Lut_table) | 5.234876               | 5.482364           |

### Conclusion

In this work, the implementation of SM4 and SM4\_MIX in the Python programming language was investigated and it was found that the implementation of S-boxes in the form of one-dimensional tables can be time efficient. In addition, an efficient method of cyclic left shift operation was found. The results obtained from the cryptographic algorithm code written in Python programming language confirm that the implementation can be more efficient in terms of time.

### References

1. GM/T 0002-2012 PDF in English (GMT0002-2012) [Electronic resource]. URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GMT0002-2012>
2. GB/T 32907-2016 PDF in English (GBT32907-2016) [Electronic resource]. URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF.aspx/GBT32907-2016>
3. Liu F. et al. Analysis of the SMS4 Block Cipher // Australasian Conference on Information Security and Privacy. 2007.P2-5.
4. Fan H.P. et al. Key Advantage Template Attack Against AES-128 Algorithm // Tien Tzu Hsueh Pao/Acta Electronica Sinica. Chinese Institute of Electronics, 2020. Vol. 48, № 10. P. 2003–2008.
5. Miao X. et al. How Fast Can SM4 be in Software? // International Conference on Information Security and Cryptology. Springer, 2022. P. 3–22.
6. SM4/SM4.py at main · CCWUCMCTS/SM4 [Electronic resource]. URL: <https://github.com/CCWUCMCTS/SM4/blob/main/SM4.py>
7. sm4/Python/sm4.py at master · windard/sm4 [Electronic resource]. URL: <https://github.com/windard/sm4/blob/master/Python/sm4.py>

## SESSION 3. MATHEMATICAL MODELING

UDC 519.633.2

### CAUCHY PROBLEM FOR A DOUBLE NONLINEAR PARABOLIC NON-DIVERGENCE FORM EQUATION WITH A CRITICAL EXPONENT

M. Aripov<sup>1</sup>, M. Bobokandov<sup>2</sup>

National University of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Author Emails

mirsaidaripov@mail.ru<sup>1</sup>, m.boboqandov@nuu.uz<sup>2</sup>

Let  $\Omega_x \subseteq \mathbb{R}^N$  be a bounded domain with appropriately smooth boundary  $\partial\Omega_x$  and  $\Omega_t = \{t \mid t > 0\}$ . In this paper we are concerned with the self-similar solution connected to the following nonlinear problem with a source under the Cauchy condition:

$$|x|^{-l} \partial_t u = u^q \operatorname{div} \left( |x|^n |\nabla u^k|^{p-2} \nabla u^m \right) - |x|^{-l} u^{\beta_c}, (x, t) \in \Omega = \Omega_x \times \Omega_t \quad (1)$$

$$u|_{t=0} = M \delta(x), x \in \Omega_x \quad (2)$$

where  $q \leq 1, m, k \geq 1, p > 2, l < N, n = \text{const}$  are given parameters,

$\beta_c = q + m + k(p-2) + \frac{(1-q)(p-n-l)}{N-l}$  - the critical Fujita exponent [5],  $\delta(x)$  - Dirac delta

function and  $M = \int_{\Omega_x} u(t, x) dx$ .

The equation (1) characterizes many processes such as diffusion [1], heat dissipation [3], salt or dust transfer, biological population [4], image processing (Peron-Malik equation) and other processes [6]. The equation (1) studied by many authors. Especially, in 1966-year Fujita studied [5] the following equation

$$u_t = \Delta u + u^{1+\alpha}. \quad (3)$$

where  $x \in \mathbb{R}^n, t > 0$  and the initial condition is given by  $u(x, 0) = a(x)$ .

Fujita establishes the condition of the existence of a global solution to equation (3) as  $\alpha > 1 + \frac{2}{N}$ . This coefficient was called the critical Fujita exponent, and the critical Fujita exponent was recognized as a condition for the global existence of solutions to the Cauchy problem.

Weissler investigates [9] the behavior of solutions to the semi-linear heat equation (3) with Neumann boundary conditions. His results are as follows:

- for the critical case  $\alpha N / 2 = 1$ , there are no non-trivial global non-negative solutions;
- if  $\alpha N / 2 < 1$ , non-negative solutions always blow up in the  $L^p$  norm in finite time;
- for  $\alpha N / 2 > 1$ , Weissler provided new sufficient conditions on the initial data guaranteeing the existence of global solutions.

In the case  $q = n_1 = 0, k = 1$ , the problem (1)-(2) studied by Martynenko A.V., Tedeev A.F., and Shramenko V.N. [7]. They obtain the conditions of the existence and nonexistence of global solutions depend on the behavior of the initial data as  $|x| \rightarrow \infty$ , and prove that for  $1 < p < p_c$ , all nonzero solutions blow up for a finite period of time.

It is well-known that degenerate equations need not possess classical solutions. Thus, we define the local in-time existence of the weak solution.

**Definition 1.** We will call a weak solution to the problem (1)-(2) in  $(0, T)$  with  $0 < T \leq +\infty$  the function with the property

$$0 \leq u, |x|^n u^{m-1} |\nabla u^k|^{p-2} \nabla u \in C(\Omega)$$

and satisfying the equation (1) in a distributed sense.

We introduce the notation  $v = u^{1-q}$  and put it into the problem (1)-(2). Then, we rewrite the problem (1)-(2) as follows

$$r^{-l} \partial_t v = r^{1-N} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^{N-1+n} v^{m_2-1} \left| \frac{\partial v^{k_2}}{\partial r} \right|^{p-2} \frac{\partial v}{\partial r} \right) - (1-q) r^{-l} v^{\beta_{2c}}, (x, t) \in \Omega \quad (4)$$

$$v|_{t=0} = v_0(x) = [u_0(x)]^{1-q}, x \in \Omega_x. \quad (5)$$

Where  $m_2 = \frac{m}{1-q}, k_2 = \frac{k}{1-q}, \beta_{2c} = \frac{\beta_c - q}{1-q}, r = \|x\| = \sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2}$ .

We look for the solution of (4) in the following form

$$v(r, t) = \bar{u}(t) \omega(\psi(t), \varphi(r))$$

where  $\bar{u}(t) = [(T+t) \ln(T+t)]^{\frac{1}{\beta_{2c}-1}}, T = \text{const} \geq 0$ ,

$$\psi(t) = \int [(T+t) \ln(T+t)]^{-\frac{m_2+k_2(p-2)-1}{\beta_{2c}-1}} dt \approx [\tau(t)]^{\alpha-1} e^{\alpha\tau(t)},$$

$$\varphi(r) = \begin{cases} \frac{s}{N-n_1} r^{\frac{N-n_1}{s}}, n_1 \neq p+n \\ \ln r, n_1 = p+n \end{cases}, \tau(t) = \ln(T+t), \alpha = \frac{p-n-n_1}{(N-n_1)(\beta_{2c}-1)}, s = \frac{p(N-n_1)}{p-n-n_1} \neq 1.$$

It is easy to check that for an unknown function  $\omega$  obtained the following equation

$$\frac{\partial \omega}{\partial \psi} = \varphi^{1-s} \frac{\partial}{\partial \varphi} \left( \varphi^{s-1} \omega^{m_2-1} \left| \frac{\partial \omega^{k_2}}{\partial \varphi} \right|^{p-2} \right) - \frac{(1-q) \omega^{\beta_{2c}}}{\tau \psi} + \frac{1+\tau}{\beta_{2c}-1} \frac{\omega}{\tau \psi}.$$

Below, a method of nonlinear splitting [8] is provided to construct a self-similar equation in the following form:

$$\omega(\psi, \varphi) = \theta(\tau, \xi), \xi = \phi(\tau \psi)^{\frac{1}{p}} \quad (6)$$

Then, we obtain the following equation:

$$\xi^{1-s} \left( \xi^{s-1} \theta^{m_2-1} \left| (\theta^{k_2})_{\xi} \right|^{p-2} \theta_{\xi} \right)_{\xi} + \frac{\tau \xi}{p} \theta_{\xi} - (1-q) \theta^{\beta_{2c}} + \frac{1+\tau}{\beta_{2c}-1} \theta = 0.$$

Hence, we have the following an approximate solution

$$\bar{\theta}(\tau, \xi) = A \left( a - (\tau \xi^p)^{\frac{1}{p-1}} \right)_+^{\gamma} \quad (7)$$

where  $\gamma = \frac{p-1}{m_2+k_2(p-2)-1}, A = \left( \frac{p-1}{\gamma p} \left( \frac{1}{pk_2^{p-2}} \right)^{\frac{1}{p-1}} \right)^{\gamma}, (d)_+ = \max(d, 0), a = \text{const} \geq 0$ .

Let us denote  $z(x, t) = \bar{u}(t) \bar{\theta}(\tau, \xi)$ .

**Theorem 1.** Let  $\gamma > 0, p > n + l, v(x, 0) \geq z(x, 0), x \in \Omega_x$  and one of the following inequalities be satisfied:

- $0 < t \leq e^{\frac{p}{s(\beta_{2c}-1)-p}} - T$ , if  $s(\beta_{2c} - 1) < p$ ;
- $t > \max(e^{\frac{p}{p-s(\beta_{2c}-1)}} - T, 0)$ , if  $s(\beta_{2c} - 1) > p$ .

Then for the solution to the problem (4)-(5) an estimate

$$v(x, t) \geq z(x, t) \quad \text{in } \Omega$$

hold.

**Proof.** Theorem 1 can be proved in the same way as was done in [2].

## References

1. Aripov M., Bobokandov M. Asymptotic Behavior of Solutions for a Doubly Nonlinear Parabolic Non-Divergence Form Equation with Density. AIP Conference Proceedings, 2024, 3004 (1), art. no. 060006.
2. Aripov M., Bobokandov M. The Cauchy Problem for a Doubly Nonlinear Parabolic Equation with Variable Density and Nonlinear Time-Dependent Absorption, Journal of Mathematical Sciences, 2023, 277(3), pp. 355-365.
3. Aripov M., Bobokandov M., Mamatkulova M. To Numerical Solution of the Non-Divergent Diffusion Equation in Non-Homogeneous Medium with Source or Absorption. AIP Conference Proceedings, 2024, 3085 (1), art. no. 020024.
4. Aripov M., Sayfullayeva M., Kabiljanova F., Bobokandov M. About One Exact Solution to the Nonlinear Problem of a Biological Population with Absorption in a Heterogeneous Medium. AIP Conference Proceedings, 2024, 3085 (1), art. no. 020031.
5. Fujita H. On the blowing up of solutions of the Cauchy problem for  $u_t = \Delta u + u^{1+\alpha}$ . Journal of Mathematical Sciences, 1966, 13, pp. 109-124.
6. Galaktionov V.A. and Levine H.A. A general approach to critical Fujita exponents and systems. *Nonlinear Anal., Theory Methods Appl.*, 1998, 34, No. 7, pp. 1005–1027.
7. Martynenko A.V., Tedeev A.F., and Shramenko V.N. Cauchy problem for a degenerate parabolic equation with inhomogeneous density and source in class slowly tending to zero initial functions. *Izv. Ross. Akad. Nauk, Ser. Mat.*, 2012, 76, No. 3, pp. 139–156.
8. Samarskii A.A., Galaktionov V.A., Kurdyumov S.P. and Mikhailov A.P. Blow-Up in Quasilinear Parabolic Equations, Walter de Grueter, 1995.
9. Weissler F.B. Existence and nonexistence of global solutions for a semi-linear heat equation. *Israel J. Math.*, 1981, 38, pp. 29-40.

## HIGH DIMENSIONAL DIAGONAL CLASSIFICATION METHODS

Friday Zinzendoff Okwonu

*Department of Mathematics, Faculty of Science Delta State University, P.M.B.1, Abraka, Nigeria*

Email: o.friday.zinzendoff@uum.edu.my, fokwonu@gmail.com

The advancement in technology has necessitated the collection of massive high dimensional data in bioinformatics, medical sciences, business, climatology, and magnetic resonance images. These collections have given rise to high dimensional ( $p$ ) and small sample ( $n$ ) (HØDSS) problems in group classifications. The classification coefficient of the HDSS data cannot be constructed due to the ill conditioning or singularity of the covariance matrix. The curse of dimensionality suffered by the classical methods has rendered the formulation of the coefficient impossible as such different dimensionality reduction methods have been

proposed to avert the curse of dimensionality and ill conditioning. Dimensionality reduction methods such as the principal component analysis have been applied as a prelude to reducing the dimension of the HDSS data to enhance constructing the coefficients of any classification methods. Some of these dimension reduction methods with infused constants as a benchmark selection may increase or decrease computational time and improve classification accuracy at the cost of information loss. In this paper, we proposed two methods that can solve the ill conditioning and singularity, or dimensionality problems associated to HDSS data directly. These methods are diagonal FLCM (DFLCM) and point extraction method (PEM). We investigated the robustness of these methods based on the optimal probability benchmark (OPB). The computational time (CPU time) of all the methods is also investigated. We applied three real data sets to determine the comparative performance and the classification results revealed that the proposed DFLCM is very robust more than the Naïve Bayes classifier in terms of probability of correct classification and CPU time. Therefore, this study affirmed that the OPB is suitable to determine the robustness of HDSS classification problems.

## References

1. A. Bommert, X. Sun, B. Bischl, J. Rahnenführer, M. Lang, “Benchmark for filter methods for feature selection in high-dimensional classification data,” *Computational Statistics and Data Analysis*, vol. 143, 2020, doi: 10.1016/j.csda.2019.106839.
2. F. Z. Okwonu, A. R. Othman, “Heteroscedastic variance covariance matrices for unbiased two groups linear classification methods,” *Applied Mathematical Sciences*, vol. 7, 2013, doi: 10.12988/ams.2013.39486.

## MODELING THUNDERSTORMS FORMATION WITHIN THE MID-LATITUDE TAKING INTO ACCOUNT CLOUD FRACTAL PROPERTIES

T.S.Kumykov<sup>1,a)</sup>, R.I. Parovik<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Applied Mathematics and Automation KBSC RAS, Russia*

<sup>2</sup> *Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Russia*

Author Emails

<sup>a)</sup> macist20@mail.ru, <sup>b)</sup> parovik@ikir.ru

A model of thunderstorms formation within the mid-latitude is considered using the fractional integro-differentiation technique, taking into account the fractal nature of cloud [1,2]. Unlike classical works [3,4], in this paper the electrification of hailstones in cumulonimbus clouds at mid-latitude mainly depends not only on the electric field strength, the charge entrained in drop, the size and fall speed of hailstones, but also on the cloud fractal dimension [5-7]. We show the dependence of hail charge formation at temperate latitudes on the fractal dimension of the cloud, as well as the dependence on the model parameters characterizing fractional (fractal) structures.

A mathematical model for charging hailstone dynamic in a thundercloud has the form:

$$\frac{d^{\alpha(t)} q_{\Gamma}(t)}{dt^{\alpha(t)}} + \lambda(t) q_{\Gamma}(t) = f(t), \quad q_{\Gamma}(0) = q_0, \quad (1)$$

here  $\lambda(t) = \omega \frac{r_k}{r_{\Gamma}} \theta^{\alpha(t)-1}$ ,  $f(t) = A_1 r_{\Gamma}^2 E v_{\Gamma} \theta^{\alpha(t)-1}$ , the parameter  $\theta$  has the dimension of time and characterizes some internal process time in the thundercloud;  $E$  is electric field intensity;  $v_{\Gamma}$  is the terminal velocity of hail;  $r_k$ ,  $r_{\Gamma}$  is the drop radius and gradient radius;  $\omega$  is the drops frequency from hailstones;  $A_1$  is the constant;  $t \in [0, T]$  - is the time,  $T > 0$  is the simulation time;

$q_0$  is the constant. The fractional differentiation operator is the operator in the Gerasimov-Caputo sense [8,9]:

$$\frac{d^{\alpha(t)} q_{\Gamma}(t)}{dt^{\alpha(t)}} = \frac{1}{\Gamma(1-\alpha(t))} \int_0^t \frac{\dot{q}_{\Gamma}(\tau) d\tau}{(t-\tau)^{\alpha(t)}}, 0 < \alpha(t) < 1, \quad (2)$$

where  $\Gamma(\cdot)$  - is the Euler's gamma function.

The order of the fractional derivative in (2) is a piecewise constant function:

$$\alpha(t) = \begin{cases} \alpha_1, t \in [0, t_1], \\ \alpha_2, t \in (t_1, t_2], \\ \dots \\ \alpha_k, t \in (t_{k-1}, t_k], \end{cases} \quad (3)$$

where  $k$  - is the number of time-slot splits  $t \in [0, T]$ ,  $\alpha_k \in (0, 1)$  is the constants. In addition, we assume that the values in (3) increase with moving from one time interval to another, i.e.  $\alpha_1 > \alpha_2 > \dots > \alpha_{k-1} > \alpha_k$ .

Note that when all values  $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_{k-1} = \alpha_k = 1$ , model (1) is a classical model presented in monograph [4].

Next, using a numerical method based on a nonlocal explicit finite-difference scheme first-order accurate [10], we get a numerical solution to problem (1). Calculation curves for solving the growth of the charging the hailstone depending on the model parameters are constructed, and an interpretation for the research results is given.

The work was carried out in the framework of the state assignment of the Research Institute of Physics and Mathematics of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (registration No. FMEW-2022-0056, problem statement and interpretation of results) and the state assignment of the IKIR FEB RAS (registration No. 124012300245-2, calculation algorithm, computer modeling and visualization of results).

## References

1. Nakhushhev A.M. Fractional calculus and its application. M.: Fizmatlit, 2003. 272 p.
2. Kilbas A. A., Srivastava H. M., Trujillo J. J. Theory and Applications of Fractional Differential Equations. Amsterdam: Elsevier, 2006. 523 p.
3. Shishkin N. S. Clouds, precipitation and thunderstorm electricity. L: Gidrometeoizdat, 1964. 402 p.
4. Muchnik V.M. Physics of thunderstorms. L.: Gidrometeoizdat, 1974. 351 p.
5. Kumykov T. S., Parovik R.I. Mathematical modeling of the law for cloud droplet charge change in fractal environment // Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences. 2015. vol. 10, no. 1. P. 11-15. DOI 10.18454/2313-0156-2015-10-1-11-15.
6. Kumykov T.S. Charge accumulation in thunderstorm clouds: fractal dynamic model // E3S Web of Conferences. 2019. 127, 01001.
7. Kumykov T.S. Charging mechanisms of cloud particles in view of fractal medium // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. 698 044029.
8. Gerasimov A.N. Generalization of the laws of linear deformation and their application to problems of internal friction // USSR Academy of Sciences. Applied Mathematics and Mechanics,, 1948. Vol. 44. №6. pp. 62-78.
9. Caputo M. Linear models of dissipation whose Q is almost frequency independent - II, Geophysical Journal International, 1967. vol. 13, pp. 529-539.
10. Parovik R. I. On a Finite-Difference Scheme for an Hereditary Oscillatory Equation Journal of Mathematical Sciences. 2021. vol. 253. no. 4. p. 547-557. DOI 10.1007/s10958-021-05252-2.

# ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧИ КРОСС ДИФФУЗИИ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

З.Р. Рахмонов<sup>1,a)</sup>, Ж.Э. Урунбаев<sup>2,b)</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

<sup>2</sup>Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и  
искусственного интеллекта

a) zraxmonov@inbox.ru, b) jasururunbayev@gamil.com

По мере развития теории горения появились некоторые асимптотические идеи и математические методы. Правда в том, что гипотеза горенье обычно предсказывает довольно сильную температурную зависимость скорости химической реакции. Это создает проблемы, с точки зрения численного решения полученных уравнений. Асимптотический подход позволяет получить основную идею теории горенье: пламя, распространяющееся с постоянной скоростью, независимо от условий воспламенения и регулируемое только качествами и состоянием горючей смеси. К резким различиям характерных для теории горения режимов реакции относятся наличие воспламенения и различные критические условия смены режима, характеризующиеся сильной, в пределе резкой зависимостью режима от параметров задачи из-за сильной зависимости скорости химической реакции от температуры. Именно эти асимптотические идеи и методы придают теории горения ее глубокую значимость. Диффузия горение представляет собой интересную постановку задачи, когда реагирующие ингредиенты изначально разделены в пространстве. Горения, в первом приближении можно предположить, что скорость химической реакции в этом сценарии неограниченна; тем не менее, найдены конечные уравнения для количества сгорающего вещества и количества тепла, выделяющегося в единицу времени. По мере уменьшения скорости реакции толщина зоны увеличивается, но лишь до определенной степени, прежде чем она разрушается. [1,2]

Кросс-диффузионные модели встречаются в различных областях естествознания. Например, в физических системах (физика плазмы) [1-17], в химических системах (динамика электролитических растворов), в биологических системах (кросс-диффузионный транспорт, динамика популяционных систем), в экологии (динамика возрастной структуры леса), в сейсмологии – модель Бурриджа-Кнопоффа, описывающая взаимодействие тектонических плит [4-7]. В последние годы при исследовании биологической популяции и движение тектонических плит активно применяются математические модели с кросс - диффузией [4, 5].

В данной работе изучаются свойства решений нелинейной системы кросс диффузии с источником связанных с нелинейными граничными условиями

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( v^{m_1-1} \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \left| \frac{\partial u}{\partial x} \right|^{p-2}, \quad \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( u^{m_2-1} \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \left| \frac{\partial v}{\partial x} \right|^{p-2}, \quad x \in R_+, t > 0, \quad (1)$$

$$-v^{m_1-1} \frac{\partial u}{\partial x}(0, t) = u^{q_1}(0, t), \quad -u^{m_2-1} \frac{\partial v}{\partial x}(0, t) = v^{q_2}(0, t), \quad t > 0, \quad (2)$$

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad v(x, 0) = v_0(x), \quad x \in R_+, \quad (3)$$

где  $m_i \geq 1$ ,  $q_i > 0$  ( $i=1,2$ ),  $u_0$  и  $v_0(x)$  - неотрицательные непрерывные функции с компактным носителем в  $R_+$ .

**Теорема 1.** Если  $q_1 \leq 1$ ,  $q_2 \leq 1$ , то всякое решение задачи (1)-(3) является глобальным.

**Теорема 2.** Пусть  $q_1 > 1$ ,  $q_2 > 1$ , тогда всякое решение задачи (1)-(3) является неограниченным при достаточно больших начальных данных.



Исследованы качественные свойства решений нелинейной модели кросс-диффузии с источником в однородной и неоднородной среде. Получен главный член асимптотики автомодельных решений кросс-диффузионной системы для численного исследования рассматриваемой задачи.

Построены различные автомодельные решения нелинейной задачи кросс-диффузии, установлены значения критического показателя типа Фуджиты и критических показателей существования глобального решения.

Доказано, что при определенных значениях числовых параметров нелинейная система кросс-диффузии с нелинейными граничными условиями может не иметь глобальных решений во времени.

### Литература

1. Я.Б. Зельдович, Г.И. Баренблатт, В.Б. Либрович, Г.М. Махвиладзе 1980 Математическое теория горения и взрыва. Москва: Наука 480.
2. Г.И. Баренблатт. 2009. Автомодельные явления анализ размерностей и скейлинг. Долгопрудный: «Интеллект».
3. Z.Q. Wu, J.N. Zhao, J.X. Yin, H.L. Li, 2001. Nonlinear Diffusion Equations. Singapore: World Scientific.
4. Арипов М.М. 1988. Методы эталонных уравнений для решения нелинейных краевых задач. - Ташкент, Фан.
5. Калашников А.С. 1987. Некоторые вопросы качественной теории нелинейных вырождающихся параболических уравнений второго порядка. УМН, т.42, Вып. 2 (254), , 135–176.
6. M.A. Tsyganov, V.N. Biktashev, J. Brindley, A.V. Holden, G.R. Ivanitsky, 2007. Waves in cross-diffusion systems – a special class of nonlinear waves, UFN, vol. 177, issue 3, 275-300.
7. Levine, H.,1990. The role of critical exponents in blowup theorems, *SIAM Rev.*, 32(2), 262-288.
8. Rakhmonov Z. R., Urunbayev J. E.. 2019. On a Problem of Cross-Diffusion with Nonlocal Boundary Conditions. *Journal of Siberian Federal University. Mathematics and Physics* 5, 614-620. doi: /10.17516/1997-1397-2019-12-5-614-620.
9. G. Arias, E. Cerpa, S. Marx. 2023 Stability analysis of a linear system coupling wave and heat equations with different time scales. hal-04116027 doi:/10.48550/arXiv.2306.01852
10. G. Arias, S. Marx, G. Mazanti. 2023. Frequency domain approach for the stability analysis of a fast hyperbolic PDE coupled with a slow ODE. Preprint arXiv 2304.01977. doi:/10.48550/arXiv.2304.01977

**УДК: 519.63+51-74::542.67**

## **ИОНЛАШГАН СУСПЕНЗИЯЛАРНИ ФИЛЬТРАШДА МАТЕМАТИК МОДЕЛ ИШЛАБ ЧИҚИШ**

Саидов У. М.

*Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети  
Самарқанд филиали, Самарқанд, Ўзбекистон*

Суюқликлар, аралашмаларни технологик чиқиндилар ва оғир металллардан филтрашнинг ностационар технологик жараёнлари – ёғ-мой, фармацевтика, машинасозлик, озик-овқат ва бошқа турдаги маҳсулотларни ишлаб чиқаришнинг асосий босқичларидан биридир. Жаҳонда ишлаб чиқариш объектларида (кимё саноати заводлари ва унга алоқадор тармоқларда) кенг қўлланиладиган суюқ аралашмалар ва ионланган эритмаларни филтраш ва тозалашнинг ностационар технологик жараёнларини ўрганишга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ушбу технологик жараённи

бошқаришни оқилона ташкил этилиши эксплуатацион харажатларни сезиларли даражада камайтиради ва ишлаб чиқариладиган маҳсулот сифатини яхшилаиди. Фильтр агрегатларининг ишга яроқлилиги фильтрловчи материалларнинг физик-механик ва кимёвий хусусиятлари, шунингдек, каттик фаза заррачалари, гель заррачалар, ионлар ва бошқа тегишли элементларни эритмаларнинг суёқ фазасидан ажратиб олишни амалга оширадиган фильтрларнинг иш режимлари билан белгиланади.

Илмий ишларни таҳлил қилиш шуни кўрсатдики суёқ ва ионланган эритмаларни статик бўлмаган фильтрлаш жараёнини таҳлил қилиш ва башоратлаш муаммоларини ҳал қилиш учун ҳисоблаш алгоритмлари ва дастурий воситаларининг янги математик моделларини ишлаб чиқиш ва такомиллаштириш, шунингдек қарор қабул қилишни кўллаб-қувватлаш учун фильтрлаш агрегатларининг асосий кўрсаткичларини аниқлаш зарурати уларнинг фаолиятининг мақбул режимларини танлаш билан белгиланади.

Суёқликни ғовакли муҳит орқали фильтрлаш жараёнининг математик моделларини олиш учун икки фазали муҳит тенгламаларидан фойдаланилади. Олинган математик модель хусусий ҳосилалари тенгламалар тизимлари билан ўлчовсиз шаклда тавсифланади[1-4]:

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} + ReW \frac{\partial W}{\partial x} - \frac{W}{(1-\theta_3)} = \frac{F}{H_0^2} \left( -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} - \frac{H_0 F}{Hk_0(1-\theta_3)(1-\delta)^2} \frac{W}{\partial x} \right); \quad (1)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} + Re \frac{\partial \theta W}{\partial x} = 0; \quad (2)$$

$$\frac{\partial \theta_3}{\partial \tau} = \frac{k_1(k_2 + \theta_3)}{k_3 + k_4 \delta} \frac{\partial \delta}{\partial \tau}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial \delta}{\partial \tau} = \lambda_1(\theta - \gamma \delta); \quad (4)$$

$$\frac{\partial nm}{\partial \tau} + Re \frac{\partial nW}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial \tau} = a_0 \frac{\partial^2 n}{\partial x^2}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial N}{\partial \tau} = \beta \alpha_\tau \left( n - \frac{\alpha_1 N}{\alpha_2 - bN} \right); \quad (6)$$

$$\begin{cases} W = 1, \theta_3 = 0, \theta = e^{-b_0 x}, \delta = 0, (\tau = 0); \\ W = 1, \theta = 1, (x = 0); \\ \frac{\partial W}{\partial x} = \varphi, (x = 1); \end{cases} \quad (7)$$

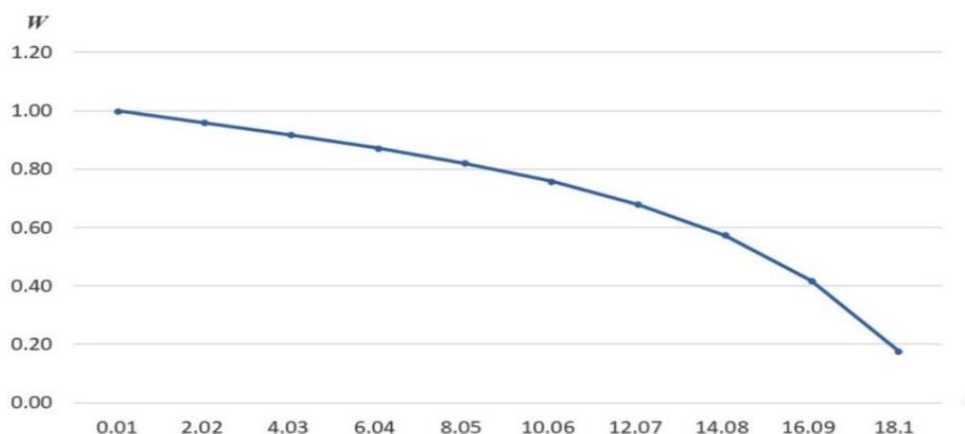
$$\begin{cases} n(x, 0) = 0, N(x, 0) = 1; \\ n(x, \tau) = 0, n(1, \tau) = \frac{n_0}{N_0} = n^0. \end{cases} \quad (8)$$

Бу ерда қуйидаги белгилашлар қабул қилинади:  $V$  – фильтратнинг ҳажми;  $W$  – фильтрлаш тезлиги;  $\theta$  – ҳаракатдаги аралашма суспензияларининг ҳажмли концентрацияси;  $\theta_3$  – фильтр бўлимлари орқали оқиб ўтадиган заррачалар концентрацияси;  $\delta$  – фильтр ғовакликларига чўккан моддаларнинг концентрацияси;  $\alpha$

– муаллақ ҳолда турган заррачалар концентрацияси;  $F$  – фильтр майдони;  $P$  – агрегат колонкасидаги босим;  $\tau$  – вақт;  $Re = \frac{\rho F W_0}{\mu H_0}$  – Рейнольдс сони;

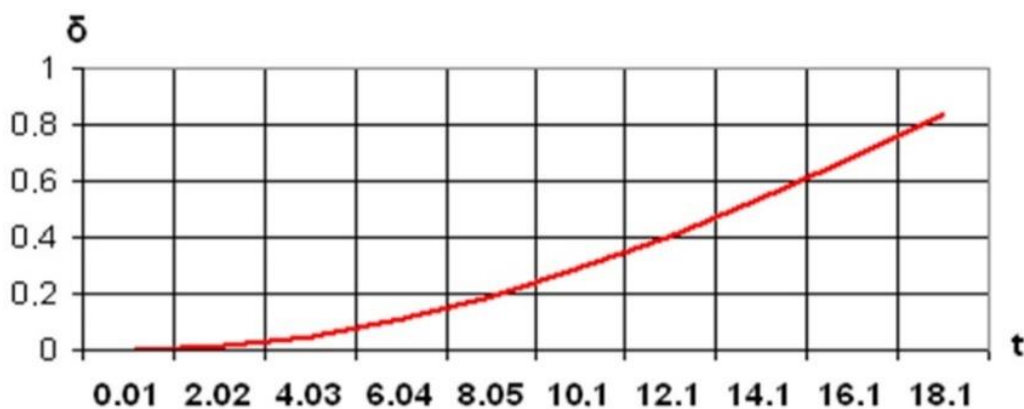
Олинган (1)-(8) моделдан фойдаланиб, суюқликларнинг ғовак муҳит орқали ион алмашинадиган филтрланишини ўрганиш, ностационар технологик жараёнларнинг асосий параметрлари ва уларнинг ўзгариш диапазонларини аниқлаш учун ҳисоблаш тизимида сонли ҳисоб-китобларни амалга ошириш мумкин.

Яратилган дастурий таъминот мажмуи ҳисоб-китоблар натижаларини жадвал ва диаграмма шаклида талқин қилиш имкониятини беради. Амалга оширилган ҳисоблаш тажрибаларининг баъзи натижалари 1-2-расмларда кўрсатилган.



1-расм. Вақт ўтиши билан суюқ эритмаларнинг филтрлаш тезлигининг ўзгариши

$$\alpha = \theta_3; H_0 = 0.2; W_0 = 0.0025; \theta_0 = 0.00001.$$



2-расм. Фильтр ичидаги гел зарраларининг чўкиш тезлигининг ўзгариши  $\alpha = \theta_3$ ;

$$H_0 = 0.2; W_0 = 0.0025; \theta_0 = 0.00001.$$

Олинган ҳисоблаш натижаларини таҳлил қилиш филтр қисмининг қалинлигининг пасайиши туфайли суюқликнинг ўтиш тезлиги ошишини ва вақтнинг дастлабки дақиқаларида суюқлик етказиб бериш тезлигининг ошиши филтрлаш жараёнининг тезлашишига ва филтрни алмаштиришнинг пасайишига олиб келишини аниқлашга имкон берди вақт. Аксинча, дастлабки суюқлик оқимининг пасайиши суюқ эритмаларни филтрлаш технологик жараёнининг асосий кўрсаткичларининг ўзгаришига, хусусан, филтр бўлими юзасида эритма концентрациясининг ўзгаришига, суюқликнинг чиқиш концентрацияси, филтрнинг тешиқларида гел зарралари

колматацияси ва чўкиш тезлигининг ўзгаришига олиб келади. Бундан ташқари,  $t \geq 40$ , 21 филтрлаш вақти билан филтрлаш даражаси нолга яқинлашади.

### Адабиётлар рўйхати

1. Н.Равшанов, У.М.Саидов Модельная задача технологического процесса ионообменного фильтрования суспензии и их численноаналитическое решение // Проблемы вычислительной и прикладной математики. – 2018. – №6(18). – С. 102-114.
2. N. Ravshanov, O. Ja. Kravets, D. Karshiev, U.M.Saidov Numerical modeling approach of wastewater treatment processes // AIP Conference Proceedings . – 2021. – Vol. 2402. – Issue 1. – P. 1-6.
3. Н.Равшанов, У.М.Саидов Математическая модель и численный алгоритм для исследования технологического процесса фильтрования жидких ионизированных растворов. Проблемы вычислительной и прикладной математики. — 2022. — №1(38). — С. 44-65.
4. N.Ravshanov, U.M.Saidov, D.I. Mutin Modelling of the technological process of multiple filtering suspensions with multi-layered filter // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol. 537. - P. 1-7.

### UDK 519.62

## SINGULAR QO‘ZG‘ATILGAN TENGLAMANI DASTLAB INTEGRALLASH METODINING DISKRET VARIANTI BILAN SONLI MODELLASHTIRISH

Ch.B. Normurodov<sup>1,a)</sup>, Sh.A. Ziyakulova<sup>1,b)</sup>, M.M. Normatova<sup>1,c)</sup>  
<sup>1</sup>Termiz davlat universiteti, Termiz, O‘zbekiston

Mualliflar elektron pochtasi

<sup>a)</sup>ch.normurodov@gmail.com, <sup>b)</sup>shziyaqulova@gmail.com, <sup>c)</sup>moxiranormatova3@gmail.com

Quyidagi ikkinchi tartibli singulyar qo‘zg‘atilgan tenglama uchun chegaraviy masalani qaraylik:

$$\varepsilon \frac{d^2 u}{dx^2} = -f(x), \quad y \in (-1, 1), \quad (1)$$

$$u(-1) = u(+1) = 0. \quad (2)$$

Masala (1)-(2) uchun sinov funksiyasi (aniq echimi)ni quyidagicha tanlaymiz

$$u(x) = \varepsilon(1 - x^2)e^{Ax}. \quad (3)$$

Formula (1) dan  $f(x)$  funksiyaning ko‘rinishini aniqlash uchun echim (3) ni ikki marta differensiallaymiz:

$$\frac{du}{dx} = \varepsilon[(1 - x^2)A - 2x]e^{Ax}, \quad \frac{d^2 u}{dx^2} = \varepsilon^2[-2 - 4xA + (1 - x^2)A^2]e^{Ax}$$

Bu holda

$$f(x) = -\varepsilon \frac{d^2 u}{dx^2}$$

yoki

$$f(x) = -\varepsilon^2[-2 - 4xA + (1 - x^2)A^2]e^{Ax}$$

ko‘rinishga ega bo‘ladi. Differensial masala (1)-(2) ni sonli modellashtirish uchun dastlab integrallash metodining diskret variantini qo‘llaymiz. Taqribiy echim  $y(x)$  va o‘ng tomondagi funksiya  $f(x)$  ni birinchi turdagi chekli Chebishev ko‘phadlari qatori ko‘rinishida izlaymiz:

$$y(x) = \sum_{i=0}^N a_i T_i(x), \quad f(x) = \sum_{i=0}^N b_i T_i(x), \quad (4)$$

Bunda  $a_i$  va  $b_i$  noma'lum koefitsiyentlar, yig'indilardagi shtrix belgisi  $a_0$  va  $b_0$  koefitsiyentlar  $\frac{1}{2}$  ko'paytuvchi bilan olinishini anglatadi.

Bu holda hosilalarni hisoblash uchun quyidagi qatorlarni kiritamiz:

$$\frac{dy}{dx} = \sum_{i=0}^N a_i^{(x)} T_i(x), \quad \frac{d^2 y}{dx^2} = \sum_{i=0}^N a_i^{(2x)} T_i(x). \quad (5)$$

Formular (4)-(5) va tenglama (1) ga asosan, ushbu tenglamani hosil qilamiz [1-3]:

$$\varepsilon \sum_{i=0}^N a_i^{(2x)} T_i(x) = - \sum_{i=0}^N b_i T_i(x)$$

yoki bir xil tartibli Chebishev ko'phadlari oldidagi koefitsiyentlarni tenglashtirib,

$$\varepsilon a_i^{(2x)} = -b_i, \quad i = 0, 1, 2, 3, \dots, N,$$

tenglamani hosil qilamiz.

Ushbu tenglikning har ikkala tomoni dastlab integrallash metodining diskret formulasi [1-3]

$$a_i^{(k-1)x} = \frac{a_{i-1}^{kx} - a_{i+1}^{kx}}{2i} \quad (6)$$

yordamida ikki marta integrallanadi:

$$\varepsilon a_i^{(x)} = - \left( \frac{b_{i-1} - b_{i+1}}{2i} \right) = - \frac{1}{2i} (b_{i-1} - b_{i+1}),$$

$$\varepsilon a_i = - \frac{1}{2i} \left( \frac{b_{i-2} - b_i}{2(i-1)} - \frac{b_i - b_{i+2}}{2(i+1)} \right) = - \frac{1}{4i(i^2 - 1)} [(i+1)b_{i-2} - 2ib_i + (i-1)b_{i+2}], \quad (7)$$

$$i = 2, 3, \dots, 2M, \quad N = 2M$$

va algebraik sistema (7) hosil qilinadi. Ushbu sistemada (N+1) ta noma'lumlar noma'lumlar va (N-1) ta tenglama mavjud, etishmaydigan tenglamalar chegaraviy shartlar (2) ning qatorlar orqali ifodalanishidan olinadi. Natijada quyidagi (N+1) ta noma'lumli (N+1) ta tenglamaga ega bo'lamiz.

$$\begin{cases} \varepsilon a_i = - \frac{1}{4i(i^2 - 1)} [(i+1)b_{i-2} - 2ib_i + (i-1)b_{i+2}], \quad i = 2, 3, \dots, 2M, \quad N = 2M, \\ u(-1) = \frac{1}{2} a_0 - a_1 + a_2 - a_3 + \dots + a_{2M} = 0, \\ u(+1) = \frac{1}{2} a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_{2M} = 0. \end{cases}$$

Ushbu sistemadan chegaraviy shartlar uchun yozilgan oxirgi ikkita tenglamani o'zaro qo'shib va ayirib, quyidagi sistemani hosil qilamiz

$$\begin{cases} \varepsilon a_i = - \frac{1}{4i(i^2 - 1)} [(i+1)b_{i-2} - 2ib_i + (i-1)b_{i+2}], \quad i = 2, 3, \dots, 2M, \\ \frac{1}{2} a_0 + a_2 + a_4 + a_6 + \dots + a_{2M} = 0, \\ a_1 + a_3 + a_5 + \dots + a_{2M-1} = 0. \end{cases} \quad (8)$$

Sistema (8) ni echish uchun, dastlab o'ng tomondagi  $b_i$  koefitsiyentlar

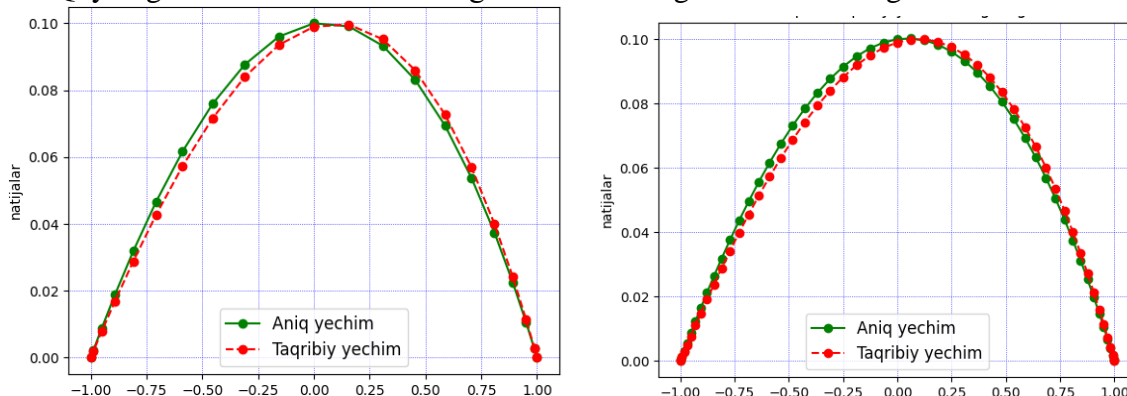
$$b_i = \frac{2}{Nc_i} \cdot \sum_{l=0}^N \frac{2}{c_l} f(x_l) T_n(x_l), \quad c_0 = c_N = 2, \quad c_m = 1, \text{ agar } m = 1, 2, \dots, N-1, \quad i = 0, 1, \dots, N$$

formula bo'yicha hisoblanadi, so'ngra sistema (8) dan  $a_i$  lar topiladi va taqribiy echim formulasiga qo'yiladi:

$$y(x) = \sum_{i=0}^N a_i T_i(x).$$

Taqribiy echimning  $x_l$  tugunlardagi qiymatlari hisoblanadi va ular qo'yilgan masalaning aniq echimi  $u(x_l)$  bilan parametr  $\varepsilon$  ning turli qiymatlarida taqqoslanadi.

Quyidagi rasmlarda  $\varepsilon = 0.1$  bo'lganda echimlar grafiklari keltirilgan.



(1-rasm. Aniq va taqribiy yechimlar ( $N=20, A=0.1$ )) 2-rasm. Aniq va taqribiy yechimlar ( $N=20, A=0.1$ )

Rasmlardan ko'rinadiki, approksimatsiyalovchi ko'phadlar sonining ortib borishi bilan taqribiy yechim xatoligi kamayadi.

### Adabiyotlar

1. Соловьев А.С., Нормуродов Ч.Б., Об одном эффективном прямом методе решения уравнения Пуассона, Препринт/РАН. СИБ. отдние. Ин-т теорет. И прикл.мех., 1983, Новосибирск, С.17. №9.
2. Нармурадov Ч.Б., Соловьев А.С., Турдиев Р.Т.Решение уравнения Пуассона с помощью спектрального метода// Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики», 2003, Ташкент, С.97-101. №2.
3. Абуталиев Ф.Б., Нармурадov Ч.Б. Математическое моделирование проблемы гидродинамической устойчивости, 2011, Ташкент: "Fan va texnologiya", 188 с.

УДК 519.63+539.3

## РАСSEЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ НА ЖЕСТКОМ ШАРЕ В АКУСТИЧЕСКОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ

<sup>1, a)</sup> Шукуров А.М., <sup>2, b)</sup> Жабборов А.У.

<sup>1</sup>Каршинский государственный университет, Карши, Узбекистан

Электронная почта авторов

<sup>a)</sup> ShukurovAmon@yandex.ru, <sup>b)</sup>abdullajabborov1709@gmail.com

Математическое моделирование и исследование распространения и рассеяния нестационарных волн в сплошных средах, и том числе в акустических средах с препятствиями различного рода является одной из актуальных, фундаментальных и прикладных проблем волновой динамики деформируемого твердого тела.

Данная работа посвящена математическому моделированию и исследованию нестационарных волновых процессов при рассеянии нестационарной плоской волны

давления на абсолютно-жестком шаре в акустическом полупространстве. Целью работы является разработка алгоритм решения задачи о рассеянии нестационарных плоской волны на абсолютно жестком неподвижном шаре в акустическом полупространстве и исследование волновых процессов в окрестности жесткого шар.

Пусть в акустическом полупространстве ( $z \geq 0$ ) на глубине  $h$  от граничной плоскости ( $z = 0$ ) в точке  $O$  расположен центр неподвижного жесткого шара радиуса  $R$  ( $R < h$ ).

В момент времени  $\tau = 0$  фронт нестационарной плоской волны давления с заданным потенциалом  $\Phi_0$  касается лобовой точке поверхности жесткого шара

$$\Phi_0 = f(\tau + r \cos \theta - 1)H(\tau + r \cos \theta - 1) \quad (1)$$

где  $f(\tau)$  - произвольная функция, задающая закон изменения потенциала во времени;  $H(\tau)$  - единичная функция Хевисайда.

Тогда потенциал  $\Phi_1$  плоской волны, отраженной от границы ( $z = 0$ ) полупространства без шара, имеет следующий вид:

$$\Phi_1 = \mp f(\tau - r \cos \theta - 1 - 2h)H(\tau - r \cos \theta - 1 - 2h), \quad (2)$$

где верхний знак соответствует свободной поверхности, а нижний – жесткой стенке.

Принимая для жидкости модель акустического приближения и в силу принципа суперпозиции (линейная задача), представим потенциал скорости частиц среды  $\Phi$  в виде суммы трех слагаемых:

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_1 + \Phi_2, \quad (3)$$

где  $\Phi_2$  - потенциал возмущений, вносимых шаром.

Возникающее в акустической среде давление определяется равенством

$$p = p_0 + p_1 + p_2, p_i = -\hat{\partial}\Phi_i/\hat{\partial}\tau, (i = \overline{0, 2}). \quad (4)$$

С учётом осевой симметрии задачи движение акустической среды относительно потенциала  $\Phi_2$  скорости описывается волновым уравнением

$$\gamma^2 \partial^2 \Phi_2 / \partial \tau^2 = \Delta \Phi_2, \quad (5)$$

где  $\Delta$  - оператор Лапласа в сферической системе координат  $r, \theta, \varphi$ .

Плоская граница полупространства является либо свободной поверхностью, либо жесткой стенкой. В случае свободной поверхности граничное условие на плоской границе задается равенством

$$p_2|_{z=0} = 0, \quad (6)$$

или в случае жесткой стенки оно определяется условием

$$V_2|_{z=0} = 0. \quad (7)$$

На поверхности шара граничное условие имеет следующий вид:

$$V_2|_{r=R} = -V_0|_{r=R} - V_1|_{r=R}, V_i = \hat{\partial}\Phi_i/\hat{\partial}r, (i = \overline{0, 2}), \quad (8)$$

Начальные условия – однородные:

$$\Phi_2|_{\tau=0} = \dot{\Phi}_2|_{\tau=0} = 0 \quad (9)$$

и на бесконечности отсутствует возмущение:

$$\lim_{r \rightarrow \infty} \varphi_2 = 0. \quad (10)$$

Начально-краевая задача решается с применением интегрального преобразования Лапласа по времени  $\tau$  и использованием метода неполного разделения переменных [3]. В пространстве изображений потенциалы падающей (1) и отраженной волн (2), а также искомые функции раскладываются в ряды по полиномам Лежандра  $P_n(\cos \theta)$  [1].

В пространстве изображения с учётом отсутствия возмущения на бесконечности решение уравнения (5) разыскивается в виде суммы двух бесконечных рядов по полиномам Лежандра  $P_n(\cos \theta)$ . В ней первый бесконечный ряд соответствует расходящемуся волнам от шара, а второй ряд - сходящемуся волнам в дополнительной сферической системе координат  $(r_1, \theta_1)$  с центром в точке  $O_1$ , симметричной точке  $O$  относительно плоской границы  $(z = 0)$  полупространства.

В пространстве изображений задача сведена к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений относительно функций  $A_n^L(s)$ , которую запишем в виде матричного уравнения [3]:

$$\mathbf{M}\mathbf{A}y^2 + \mathbf{F}^{(1)}\mathbf{A}x - \mathbf{F}^{(2)}\mathbf{A}xy^2 = \mathbf{p}^{(1)}y + \mathbf{p}^{(2)}xy + \mathbf{p}^{(3)}y^3 + \mathbf{p}^{(4)}xy^3 \quad (11)$$

Здесь  $\mathbf{M}(s)$  - бесконечная диагональная матрица с элементами  $M_n(s)$ ;  $\mathbf{F}^{(l)}(s)$  - бесконечные матрицы элементов  $F_{np}^{(l)}(s)$  ( $l=1,2$ );  $\mathbf{p}^{(k)}(s)$  - бесконечный вектор - столбец с элементами  $p_n^{(k)}(s)$  ( $k=1,4$ );  $\mathbf{A}(s)$  - бесконечный неизвестный вектор - столбец с компонентами  $A_n^L(s)$ .

Решение матричного уравнения (11) разыскиваем в виде ряда по экспонентам  $x = e^{-2hr\gamma s}$ ,  $y = e^{-\gamma s}$ :

$$\mathbf{A}(s) = \sum_{i,j=0}^{\infty} \mathbf{a}_{ij}(s) x^i y^{-j+1}, \quad (12)$$

где  $\mathbf{a}_{ij}(s)$  - бесконечные векторы-столбцы с элементами  $a_{ij}^{(n)}(s)$ .

Подставляя бесконечный ряд (12) в уравнение (11) и приравнивая коэффициенты левой и правой частей при одинаковых степенях переменных  $x$  и  $y$ , получаем рекуррентные соотношения относительно функций  $a_{ij}^{(n)}(s)$  и соответствующие начальные условия к ним. Анализ рекуррентных соотношений показывает, что изображения есть рациональные функции параметра преобразования Лапласа, который дает возможность вычислять их оригиналы, а следовательно, и оригиналы коэффициентов рядов искомых функций с помощью теории вычетов [2].

Получены формулы коэффициентов разложений для гидродинамического давления в среде

$$p_n^L(r, s) = p_{0n}^L(r, s) + p_{1n}^L(r, s) + p_{2n}^L(r, s),$$

$$p_{0n}^L(r, s) = -f^L(s) \frac{(-1)^n (2n+1)}{2(r\gamma)^{n+1} s^n} e^{(r-1)\gamma s} [R_{n0}(-r\gamma s) - e^{-2r\gamma s} R_{n0}(r\gamma s)],$$

$$p_{1n}^L(r, s) = \pm f^L(s) \frac{(2n+1)}{2(r\gamma)^{n+1} s^n} e^{-2hr\gamma s} e^{(r-1)\gamma s} [R_{n0}(-r\gamma s) - e^{-2r\gamma s} R_{n0}(r\gamma s)],$$



$$p_{2n}^L(r, s) = -\frac{1}{r^{n+1}(\gamma s)^n} \sum_{i,j=0}^{\infty} \left[ R_{n0}(r\gamma s) a_{ij}^{(n)}(s) y^r + \right. \\ \left. + G_{n0}(r\gamma s) \sum_{p=0}^{\infty} C_{np}(s) a_{ij}^{(p)}(s) x \right] x^i y^{-j+1},$$

$$G_{n0}(s) = R_{n0}(-s)e^s - R_{n0}(s)e^{-s},$$

где  $R_{n0}(s)$  - полиномы параметра преобразования Лапласа  $s$  [3].

Проведены численные эксперименты. Графики зависимости от времени давления  $p$  показывают, что волны, отраженные от плоской границы, оказывают влияние на гидродинамическое состояние среды в окрестности жесткого шар. Полученные результаты работы могут быть использованы в области проектных организаций при строительстве сооружений, а также при проектировании подводных резервуаров.

### Литература

1. Кузнецов Д.С. Специальные функции. – М.: Высшая школа, 1985. – 423 с.
2. Лаврентьев М. А., Шабат Б. В. Методы теории функции комплексного переменного.– М.: Наука, 1987. – 688 с.
3. Салиев А.А., Тарлаковский Д.В., Шукуров А.М. Распространение нестационарных волн от сферической полости в акустическом слое // Прикладная математика и механика РАН, 2008,Т.72, № 4. - С.580-587.

## THE USE OF QUARTILE RESAMPLE FOR MULTI-D IMENSIONAL BAYES CLASSIFICATION

F. Z. Okwonu

*Department of Mathematics, Faculty of Science Delta State University, P.M.B.1, Abraka, Nigeria*

Email: okwonufz@delsu.edu.ng; fokwonu@gmail.com

The covariance dependent classifiers (CDC) which also rely on the computation of the group mean vectors are impracticable if the dimension ( $p$ ) of the data is larger than the sample size ( $n$ ). Another problem that is associated with the CDC methods is the effect of outliers on the group mean vectors. As a result of the curse of dimensionality and singularity, the coefficient of the CDC methods could not be formed explicitly without the modification of the covariance matrix structure. The nearest mean classifier (NMC) and the independent classification rule (ICR) are some powerful techniques applied to mitigate the curse of dimensionality and singularity associated with the CDC methods. However, these methods do not address the effects of outliers that may perturb the robustness of the NMC and ICR. To solve the above problems, we proposed a multidimensional classifier based on the Bayes concept. We applied these methods to five real data with varying conditions, that is  $n > p$  and  $p > n$ . The classification results based on these data set revealed that the performance analysis of all the classifiers is comparable. The simulation result also indicates that all three classifiers have similar CPU computational times. The comparative analysis demonstrated that these classifiers have averagely very minimum performance error. Therefore, this analysis affirmed that the proposed method could be applied to perform classification tasks regardless of whether  $n > p$  and  $p > n$  classification problems.

## References

1. F. Abid, N. Izeboudjen, (2020). Predicting Forest Fire in Algeria Using Data Mining Techniques: Case Study of the Decision Tree Algorithm. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1105 AISC. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-36674-2\\_37](https://doi.org/10.1007/978-3-030-36674-2_37)
2. K. Oksuz, B.C. Cam, S. Kalkan, E. Akbas, (2021). Imbalance Problems in Object Detection: A Review. In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* (Vol. 43, Issue 10). <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2020.2981890>
3. F.Z. Okwonu, A.R. Othman, (2013). Robust fisher linear classification technique for two groups. *World Applied Sciences Journal*, 21(SPECIAL ISSUE1). <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.21.mae.99939>

УДК 519.63+539.3

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН ОТ СФЕРИЧЕСКОЙ ПОЛОСТИ ВБЛИЗИ ЖЕСТКОГО ШАРА В ПРОСТРАНСТВЕ УПРУГОЙ СРЕДЫ

<sup>1, b)</sup> Мусурмонова М.О., <sup>1, a)</sup> Шукуров А.М.

<sup>1</sup>Каршинский государственный университет, Карши, Узбекистан

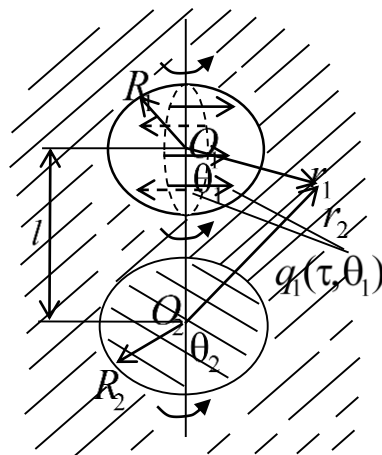
Электронная почта авторов

<sup>a)</sup>musurmonova.mamura@gmail.com, <sup>b)</sup>shukurovamon@yandex.ru

Исследование нестационарных волновых процессов в сплошных средах является сложным и в то же время актуальным направлением волновой динамики механики деформируемого тела. Актуальность проблемы волновой динамики деформируемых тел определяется развитием различных областей техники, созданием новых конструкций, работающих в условиях динамических нагрузок.

Данная работа посвящена математическому моделированию и исследованию нестационарных волновых процессов при распространении нестационарных поперечных волн от сферической полости, расположенной вблизи жесткого шара в пространстве упругой среды. Целью работы является разработка алгоритм решения задачи о распространении нестационарных поперечных волн от сферической полости, расположенной вблизи жесткого шара в пространстве упругой среды, а так же исследование волновых процессов в окрестности сферической полости.

Пусть в бесконечной линейно-упругой однородной изотропной среде имеется сферическая полость радиусом  $R_1$  вблизи жесткого шара радиусом  $R_2$ , расстояние между центрами их равно  $l$ , где  $l > R_1 + R_2$ .



Геометрическая область задачи

Движение среды рассматривается в двух сферических системах координат  $(r_\kappa, \theta_\kappa, \vartheta_\kappa)$ , начальные точки  $O_\kappa$  которых находятся соответственно в центрах сферической полости и шара ( $\kappa = 1, 2$ ).

В начальный момент времени к внутренней поверхности сферической  $\tau = 0$  полости  $q_1(\tau, \theta_1)$  приложена заданная осесимметричная касательная поверхностная нагрузка, которая образует вращательное движение среды вокруг оси, проходящей через центры полости и шара.

$$\sigma_{r_1\vartheta_1} \Big|_{r_1=R_1} = q_1(\tau, \theta_1). \quad (1)$$

На поверхности шара перемещение равно нулю

$$w_{\vartheta_2} \Big|_{r_2=R_2} = 0. \quad (2)$$

С учётом осевой симметрии задачи движение среды относительно потенциала  $\Psi$  описывается волновым уравнением

$$\gamma^2 \frac{\partial^2 \Psi}{\partial \tau^2} = \Delta_\kappa \Psi - \frac{\Psi}{r_\kappa^2 \sin^2 \theta_\kappa}, \quad (\kappa = 1, 2). \quad (3)$$

Начальные условия - однородные

$$\Psi \Big|_{\tau=0} = \frac{\partial \Psi}{\partial \tau} \Big|_{\tau=0} = 0. \quad (4)$$

На бесконечности отсутствует возмущение

$$\lim_{r_\kappa \rightarrow \infty} \Psi = 0. \quad (5)$$

Начально-краевая задача (1)-(5) решается с применением интегрального преобразования Лапласа по времени  $\tau$  и использованием метода неполного разделения переменных. В пространстве изображений потенциал  $\Psi^L$ , компоненты  $w_{\vartheta_\kappa}^L$  вектора смещения и  $\sigma_{r_\kappa\vartheta_\kappa}^L$  тензора напряжения, а также заданную функцию  $q_1^L(\tau, \theta_1)$  представим в виде бесконечных рядов по полиномам Гегенбауэра  $C_{n-1}^{3/2}(\cos \theta_\kappa)$  [1, 2].

В пространстве изображения общее решение уравнения (3) разыскивается в виде бесконечного ряда по полиномам Гегенбауэра  $C_{n-1}^{3/2}(\cos \theta_\kappa)$  ( $L$  обозначает трансформанту преобразования Лапласа,  $s$  - параметр преобразования) [1]:

$$\Psi^L = - \sum_{\kappa=1}^2 \frac{\sin \theta_\kappa}{\sqrt{r_\kappa}} \sum_{n=1}^{\infty} B_{\kappa n}^L(s) K_{n+1/2}(r_\kappa \gamma s) C_{n-1}^{3/2}(\cos \theta_\kappa), \quad (6)$$

где  $K_{n+1/2}(x)$  - модифицированные функции Бесселя второго рода;  $B_{\kappa n}^L(s)$  - неизвестные функции параметра  $s$ .

В пространстве изображений задача сведена к бесконечной системе линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных функций  $B_{\kappa n}^L(s)$ , которую запишем в виде системы двух матричных уравнений [1]:

$$\begin{cases} \mathbf{M}\mathbf{B}_1 y^2 + \mathbf{F}_1 \mathbf{B}_2 x - \mathbf{F}_2 \mathbf{B}_2 x y^2 = \mathbf{Q}y \\ \mathbf{N}\mathbf{B}_2 z^2 + \mathbf{T}_1 \mathbf{B}_1 x - \mathbf{T}_2 \mathbf{B}_1 x z^2 = 0 \end{cases}, \quad (7)$$

$$\mathbf{Q}(s) = \|q_1(s), q_2(s), \dots\|^T, \quad \mathbf{B}_\kappa(s) = \|B_{\kappa 1}^L(s), B_{\kappa 2}^L(s), \dots\|^T,$$

$$x = e^{-l\gamma s}, \quad y = e^{-R_1\gamma s}, \quad z = e^{-R_2\gamma s},$$

где  $\mathbf{F}_\kappa, \mathbf{T}_\kappa$  - бесконечные матрицы соответственно с элементами  $F_{\kappa n}(s), T_{\kappa n}(s)$  ( $\kappa = 1, 2$ ), а  $\mathbf{M}, \mathbf{N}$  - бесконечные диагональные матрицы соответственно с элементами  $M_n(s), N_n(s)$ .

Решение системы матричных уравнений (7) представим бесконечными рядами по экспонентам

$$\mathbf{B}_\kappa = \sum_{i,j,k=0}^{\infty} \mathbf{b}_{ijk}^{(\kappa)}(s) x^i y^{-j-1} z^{-k}, \quad \mathbf{b}_{ijk}^{(\kappa)}(s) = \left\| b_{ijk}^{(\kappa,1)}(s), b_{ijk}^{(\kappa,2)}(s), \dots \right\|^T, \quad \kappa = 1, 2. \quad (8)$$

Подставляя бесконечные ряды (8) в систему (7) и приравнявая коэффициенты в левой и правой частях при одинаковых степенях переменных  $x, y$  и  $z$ , получим рекуррентные соотношения для коэффициентов  $b_{ijk}^{(\kappa,n)}(s)$ , ( $n = 1, 2, \dots$ ) и начальные условия к ним.

Анализ рекуррентных соотношений показывает, что изображения есть рациональные функции параметра преобразования Лапласа, который дает возможность вычислять их оригиналы, а следовательно, и оригиналы коэффициентов рядов искомых функций с помощью теории вычетов [3].

В пространстве изображений Лапласа получены выражения для коэффициентов рядов компонент перемещений  $w_{\vartheta_{\kappa n}}^L(r_\kappa, s)$  и  $\sigma_{r_\kappa \vartheta_{\kappa n}}^L(r_\kappa, s)$  тензора напряжений.

$$w_{\vartheta_{\kappa n}}^L(r_\kappa, s) = -\frac{1}{r_\kappa^2} U_{n1}(r_\kappa \gamma s) \cdot \sigma_{r_\kappa \vartheta_{\kappa n}}^L(r_\kappa, s) = \frac{\eta}{r_\kappa^3} U_{n2}(r_\kappa \gamma s),$$

$$U_{nm}^L(r_\kappa, s) = \frac{1}{(r_\kappa \gamma s)^n} \sum_{i,j,k=0}^{\infty} \left[ R_{nm}(r_\kappa \gamma s) a_{ijk}^{(\kappa,n)}(s) e^{-r_\kappa \gamma s} + \right. \\ \left. + G_{nm}(r_\kappa \gamma s) \sum_{p=1}^{\infty} S_{np}(s) a_{ijk}^{(v,p)}(s) e^{-l\gamma s} \right] x^i y^{-j-1} z^{-k},$$

$$m = 1, 2; \quad v = \text{mod}_2 \kappa + 1, \quad \kappa = 1, 2$$

Численные результаты представлены в виде графиков, которые показывают что, отраженные от жесткого шара волны оказывают влияние на напряженно-деформированное состояние среды в окрестности сферической полости. Полученные результаты работы могут быть использованы в области сейсмологии, геофизики и проектных организациях при строительстве сооружений.

## Литература

1. Горшков А.Г., Тарлаковский Д.В., Шукуров А.М. Распространение нестационарных волн сдвига от сферического включения в упругом полупространстве // Известия РАН, МТТ., № 6. – 2004. – С. 62–68.
2. Кузнецов Д.С. Специальные функции. – М.: Высшая школа, 1985. 423 с.
3. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Методы теории функции комплексного переменного. – М.: Наука, 1987, 688 с.

# ОБ ОДНОЙ ЛИНЕЙНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ ТРЁХМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ СМЕШАННОГО ТИПА ВТОРОГО РОДА ВТОРОГО ПОРЯДКА С НЕЛОКАЛЬНЫМИ КРАЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ В НЕОГРАНИЧЕННОМ ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕДЕ

С. З. Джамалов<sup>1, а)</sup>, Б.К. Сипатдинова<sup>2, б)</sup>

<sup>1, 2</sup>Институт математики имени В.И. Романовского при академии наук Республики

Узбекистан

<sup>а)</sup> siroj63@mail.ru, <sup>б)</sup> sbiybinaz@mail.ru

В процессе исследования нелокальных задач была выявлена тесная взаимосвязь задач с нелокальными краевыми условиями и обратными задачами.

Нелокальные краевые задачи для уравнения смешанного типа возникает при моделировании задачи в трансзвуковой газовой динамикой, магнитогидро-динамическими течениями с переходом через скорости звука и скорости Альфена, с течениями жидкости в открытом канале, с теорией бесконечно малых изгибаний поверхностей, а также с без моментной теорией оболочек с кривизной переменного знака и многими другими вопросами механики [1].

Отметим, что интерес к исследованию обратных задач для уравнения математической физики обусловлен важностью их приложений в различных разделах механики, сейсмологии, медицинской томографии, геофизики, а также обратные задачи возникают при изучении краткосрочного прогноза цунами [2].

К настоящему времени достаточно хорошо изучены обратные задачи для классических уравнений таких как, параболических, эллиптических и гиперболических типов. Такие задачи для уравнений смешанного типа в плоскости изучены в работах К.Б. Сабитова [3], а для многомерных уравнений смешанного типа второго рода в ограниченных областях изучены в работах С.З. Джамалова, Р.Р. Ашурова [4]

Значительно менее изученными являются обратные задачи для уравнений смешанного типа первого рода (в частности, для уравнения Трикоми и Чаплыгина) в неограниченных областях [5], а для уравнений смешанного типа второго рода такие задачи в неограниченных областях практически не исследовались. Частично восполнить данный пробел мы и попытаемся в рамках этой работы.

В области

$$G = (0,1) \times (0,T) \times R = Q \times R = \{(x,t,z); x \in (0,1), 0 < t < T < +\infty, z \in R\}$$

рассмотрим трехмерное уравнение смешанного типа второго рода второго порядка:

$$Lu = k(t)u_{tt} - \Delta u + a(x,t)u_t + c(x,t)u = \psi(x,t,z), \quad (1)$$

где  $\Delta u = u_{xx} + u_{zz}$  - оператор Лапласа, и пусть  $k(0) \leq 0 \leq k(T)$ .

Здесь  $\psi(x,t,z) = g(x,t,z) + h(x,t) \cdot f(x,t,z)$ , где  $g(x,t,z)$  и  $f(x,t,z)$  - заданные функции, а функция  $h(x,t)$  подлежит определению.

Уравнение (1) относится к уравнениям смешанного типа второго рода, так как на знак функции  $k(t)$  по переменной  $t$  внутри отрезка  $[0, T]$  не налагается никаких ограничений [4].

**Линейная обратная задача.** Найти функции  $\{u(x,t,z), h(x,t)\}$  удовлетворяющие уравнению (1) в области  $G$ , такие что, функция  $u(x,t,z)$  удовлетворяет следующим нелокальным краевым условиям

$$\gamma u|_{t=0} = u|_{t=T}, \quad (2)$$

$$u|_{x=0} = u|_{x=1} = 0, \quad (3)$$

где  $\gamma$  – некоторое постоянное число, отличное от нуля, величина которого будет уточнена ниже,

$$\text{В дальнейшем будем считать, что } u(x, t, z) \text{ и } u_z(x, t, z) \rightarrow 0 \text{ при } |z| \rightarrow \infty. \quad (4)$$

Кроме того, решение задачи (1)-(4) удовлетворяет дополнительному условию

$$u(x, t, \ell_0) = \varphi_0(x, t), \quad \text{где } \ell_0 \in R \quad (5)$$

и с функцией  $h(x, t)$  принадлежит классу

$$U = \{ (u, h) \mid u \in W_2^{2,3}(G); h \in W_2^2(Q) \}.$$

Здесь  $W_2^{l,3}(G)$  – анизотропная пространства Соболева с нормой

$$\|u\|_{W_2^{l,3}(G)}^2 = (2\pi)^{-1/2} \cdot \int_{-\infty}^{+\infty} (1 + |\lambda|^2)^3 \cdot \|\mathcal{F}u(x, t, \lambda)\|_{W_2^l(Q)}^2 d\lambda,$$

где  $l$  – любое конечное положительное целое число. Через  $\mathcal{F}u(x, t, \lambda)$  обозначено преобразование Фурье по переменной  $z$ .

### Литература

1. Франкль Ф.И. Избранные труды по газовой динамике: Москва. 1973. с.711.
2. Лаврентьев М.М, Романов В.Г, Васильев В.Г. Многомерные обратные задачи для дифференциальных уравнений. Новосибирск. Наука, 1969, с.67
3. Сабитов К.Б., Мартемьянова Н.В. Нелокальная обратная задача для уравнения смешанного типа. // Изв. вузов. Математика. 2011. №2. с.71-85.
4. С.З.Джамалов, Р.Р.Ашуров. Об одной линейной обратной задаче для многомерного уравнения смешанного типа второго рода, второго порядка.// Дифференциальные уравнения. 2019, т.55, № 1, С.34-44.
5. S.Z.Dzhamalov, R.R.Ashurov, Kh.Sh. Turakulov. The Linear Inverse Problem for the three-dimensional Tricomi equation in a prismatic unbounded domain. // Lobachevski Journal of Mathematics, 2021, 42(15), pp. 3606–3615.

**UDC 517.977.5**

## **OPTIMAL CONTROL OF NONLINEAR INVERSE PROBLEM FOR A HILFER FRACTIONAL ANALOG OF THE BARENBLATT-ZHELTOV-KOCHINA EQUATION WITH REDEFINITION FUNCTION AT THE END OF THE INTERVAL**

Yuldashev Tursun Kamaldinovich

*Tashkent State University of Economics, Tashkent, Uzbekistan*

Author Email

tursun.k.yuldashev@gmail.com

Solving some problems of mathematical modeling of thermal processes often leads to the consideration of nonlocal inverse problems for parabolic and pseudo-parabolic equations. The theory of inverse problems is one of the modern and most important sections of the differential equations of mathematical physics. Nonlocal problems with final valued conditions are encountered in mathematical modeling of phenomena of various nature, when the boundary of the process flow domain is inaccessible for direct measurements. An example is some problems of studying the diffusion of particles in a turbulent plasma and some problems of studying the processes of heat propagation. When studying the technological process of

aluminum production, before the start of the production cycle, the raw material passes through firing and the state of the raw material by the beginning of the production cycle is not known. And the final expected state of the output will be unknown in reality. We find it from a known final state and control the technological process. So, we have an inverse control problem with final valued condition and intermediate condition to solve the heat equation with redefinition function at the final point.

The theory of optimal control for systems with distributed parameters is widely used in solving problems of aerodynamics, chemical reactions, diffusion, filtration, combustion, heating, etc. (see, [1-8]). Various analytical and approximate methods for solving problems of optimal control systems with distributed parameters are being developed and effectively used.

In this paper, we consider the questions of a generalized and approximate solving of the fractional inverse problem of nonlinear optimal control of the process of heat propagation along a rod of finite length for a fractional order pseudo-parabolic differential equation with a quadratic optimality criterion. The necessary optimality conditions are formulated by the maximum principle, and the control function is calculated.

So, we consider the following fractional pseudo-parabolic equation of the inverse problem and control the process of heat propagation along a rod of finite length

$$L^{\alpha,\gamma} [u(t, x)] = f(x, p(t)), \quad (t, x) \in \Omega \quad (1)$$

with final valued

$$u(T, x) = \varphi(x), \quad x \in \Omega_l \quad (2)$$

and Dirichlet type conditions

$$u(t, 0) = u(t, l) = 0, \quad t \in \Omega_T, \quad (3)$$

where  $f(x, p) \in C(\Omega_l \times Y)$  is external source function,  $p(t) \in C(\Omega_T)$  is control function,  $u(t, x) \in C(\Omega)$  is state function of the controlled process,  $\varphi(x)$  is the redefinition distribution function of heat along the rod,  $\varphi(0) = \varphi(l) = 0$ ,  $\varphi(x) \in L_2(\Omega_l)$ ,

$L^{\alpha,\gamma} = D^{\alpha,\gamma} - D^{\alpha,\gamma} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\partial^2}{\partial x^2}$  is Hilfer fractional analog of Barenblatt-Zhel'tov-Kochina

operator,  $D^{\alpha,\gamma} = J_{0+}^{\gamma-\alpha} \frac{d}{dt} J_{0+}^{1-\gamma}$ ,  $0 < \alpha \leq \gamma \leq 1$  is Hilfer fractional operator,

$J_{0+}^{\alpha} \psi(t) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^t \frac{\psi(s) ds}{(t-s)^{1-\alpha}}$ ,  $0 < \alpha$  is Riemann--Liouville integral operator,  $Y \equiv [0, M^*]$ ,

$0 < M^* < \infty$ ,  $\Omega \equiv \Omega_T \times \Omega_l$ ,  $\Omega_T \equiv [0, T]$ ,  $\Omega_l \equiv [0, l]$ ,  $0 < T < \infty$ ,  $0 < l < \infty$ . In finding redefinition function  $\varphi(x)$ , we use the following additional intermediate condition in integral form

$$u(t_1, x) = \psi(x), \quad 0 < t_1 < T, \quad x \in \Omega_l, \quad (4)$$

where  $\psi(x) \in L_2(\Omega_l)$ .

In this work, the mixed problem of nonlinear optimal control is considered, where the final valued condition (2) is connected with the fact that often in practice there are situations when the object of research in the inverse problem is either fundamentally inaccessible for measurement, or conducting such a measurement is expensive. The function  $\varphi(x)$  in the condition (2) is unknown, too. There arises the necessity of using the additional condition (4). The necessary optimality conditions based on the maximum principle are formulated, the

control function and the state function are calculated. The inverse optimal control problem (1)-(4) contains a triple of unknown functions:

$$\left\{ u(t, x) \in C(\Omega), \varphi(x) \in L_2(\Omega_l), p(t) \in C(\Omega_T) \right\}. \text{ We note that for a complete}$$

definition of this triple, it is not enough to use only the conditions (2)-(4). Therefore, in this paper we also consider the minimization of the quadratic functional of quality.

**Problem.** Find redefinition function  $\varphi(x)$ , control function

$p(t) \in \left\{ p : |p(t)| \leq M^*, t \in \Omega_T \right\}$  and corresponding state function  $u(t, x)$ , which deliver a minimum to functionality

$$J[p] = \int_0^l [u(T, y) - \xi(y)]^2 dy + \alpha \int_0^T p^2(t) dt,$$

where  $\xi(x)$  is given continuous function such that  $0 < \alpha = \text{const}$ ,

$$\xi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \xi_n b_n(x), \quad \xi_n = \int_0^l \xi(y) b_n(y) dy, \quad \xi(0) = \xi(l) = 0, \quad \sum_{n=1}^{\infty} |\xi_n| < \infty.$$

The methodology of this work can also be used to solve other problems of nonlinear optimal control associated with the heat transfer or wave processes, for example, in problems of controlling metallurgical furnaces. In solving such optimal control problems, it is necessary to study mathematical models of process control, which allow real-time prediction of the temperature distribution of heated materials depending on changes in supplied power, heating time of bodies, heating modes, etc. If we consider the technological process of aluminum production indicated above, it is impossible to determine the initial temporary state of the aluminum in the beginning of the technological process. The fact is that first the raw material goes through the firing stage. We do not know in what state the raw materials enter the technological process. The technological process consists of four cycles. After each cycle, it becomes possible to determine the intermediate state of the manufactured product from sensor readings. The mathematical problem is posed as follows: knowing the intermediate state of the product, predict the state of the finished product in advance at the intermediate stage. Based on this analysis of sensor indicators, introduce control into the thermal process. If the simulation analysis needs to be repeated, the thermal process control can be adjusted up to three times.

So, the questions of generalized solvability of a nonlocal inverse problem in nonlinear optimal control of thermal processes for a fractional analog of pseudo-parabolic differential equation (1). The fractional analog of pseudo-parabolic equation is considered with final valued (2) and boundary valued conditions (3). To determine the redefinition function from (2), intermediate condition (4) is specified. The method of variable separation based on the Fourier series is applied. It is assumed that the redefinition function and nonlinear term of the given differential equation are also expressed as a Fourier series.

## References

1. Yu. G. Evtushenko, Methods for solving extremal problems and their application in optimization systems. Moscow, Nauka, 1982. (in Russian).
2. A. I. Egorov, Optimal control of thermal and diffusion processes. Moscow, Nauka, 1978. (in Russian).
3. I. V. GIRSANOV, Lectures on the mathematical theory of extremum problems. New York, Springer-Verlag, 1972.
4. J. L. LIONS, Optimal control of systems governed by partial differential equations. New York, Springer-Verlag, 1971.



5. K. A. Lur'ye, Optimal control in the problems of mathematical physics. Moscow, Nauka, 1975. (in Russian).
6. E. Ya. Rapoport, Optimal control of systems with distributed parameter. Moscow, Vysshaya shkola, 2009. (in Russian)
7. V. F. Krotov, V. I. Gurman, Methods and problems of optimal control. Moscow, Nauka, 1973. (in Russian)
8. Zh. A. Khurshudyan, On optimal boundary and distributed control of partial integro-differential equations, Archives of Control Sciences, Vol. 24 (LX) (1), 5-25 (2014).

## MATHEMATICAL MODELING AND RESEARCH OF THE DYNAMIC PROTECTION SYSTEM

I.Yarashov<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup> *University of World Economy and Diplomacy*

Author Emails

yarashovkafedra507@gmail.com

Increasing the efficiency of any enterprise is directly determined by increasing the efficiency of using information resources. Traditional methods of building information security systems are based on the principle of static two-component construction, and then a dynamic security system model is developed based on the intruder model (set of requirements, measures, tools, etc.). If the variety of control actions is greater than the variety of disturbances in the system, the system will be controllable. An alternative formula for this, researched by A. Kabulov[1] and Saint-Ber [2], should be no less than the variety of security measures and threats to information protection. Development of dynamic protection system models from the point of view of the general theory of systems, such a problem can be expressed as an algorithmic provision of the control system of the protection subsystem and the process of its interaction with the external aggregate.

The information protection system is defined according to the following levels:  $A, B, C, D$ , a tree of system objectives is built. We define:  $P$ - the number of elements of level  $A$ ;  $Q$ - the number of  $B$ -level elements; Number of elements of level  $R$ -  $C$ ; Number of elements of level  $J$  –  $D$ ; Let  $G$  be a quantitative measure of risk and  $F$  be a quantitative measure of effective countermeasures.

The mathematical model of the dynamic protection system for levels  $A, B, C, D$  can be written in the following form:

$$\begin{aligned}\frac{\partial P}{\partial t} &= v - \alpha_A P G - k_A P, \\ \frac{\partial Q}{\partial t} &= \alpha_A P G + \mu_0(G) Q - \alpha_B Q G - k_B Q, \\ \frac{\partial R}{\partial t} &= \alpha_B Q G + \mu_0(G) R - \alpha_C R G - k_C R, \\ \frac{\partial J}{\partial t} &= \alpha_C R G - k_D J,\end{aligned}$$

To analyze the performance of the four-level hierarchical structure of the protection system, it is proposed to use the efficiency criterion used by Kapitsa[3] et al.:

$$S_{p,q,r,j} = (s_1 P + b_1) \cdot (s_2 Q + b_2) \cdot (s_3 R + b_3) \cdot (s_4 J + b_4) - b_1 b_2 b_3 b_4$$

in this  $s_1$  - performance of  $A$  level elements;  $s_2$  - performance of  $B$  level elements;  $s_3$ - performance of  $C$  level elements;  $s_4$ - performance of  $D$  level elements.

## Reference

1. Kabulov A., Kalandarov I., Yarashov I. Problems of algorithmization of control of complex systems based on functioning tables in dynamic control systems //2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – IEEE, 2021. – C. 1-4.
2. Ramage, Magnus, et al. "Stafford Beer." *Systems Thinkers* (2020): 193-202.
3. Kapitsa, S. P., S. P. Kurdyumov, and G. G. Malinetskii. "Synergetics and forecasts of the future." M.: Nauka (1997): 285.

## REM ANALYSIS OF THE “GREEN” STATE OF THE CENTRAL ASIAN COUNTRIES

G.M.Raimova<sup>1,a)</sup>, B.N. Muhammadibrohimov<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup> *University of World Economy and Diplomacy*

Author Emails

a) raimova27@gmail.com, b) bmuhammadibrohimov2003@gmail.com

This research analyzes the state of the ‘green’ economy in Uzbekistan in comparison with Kazakhstan, Kyrgyz Republic, Tajikistan and Turkmenistan, focusing on the descriptive analysis of the situation within the last 20-30 ears. The core element of the research is the analysis of the Random Effects model (Panel Data analysis). There are various types of models to analyze panel data. For this research, the choice was made between Fixed Effects and Random Effects models using the Haussmann test.

Within the REM (Random Effects Model) used in this research, the EKC (Environmental Kuznets Curve) concept is used. The EKC hypothesis suggests an inverted U-shaped relationship between environmental degradation (here represented by GHG emissions) and economic growth (indicated by GDP) (*Lan Xu, 2011*). According to this hypothesis:

- Initial Economic Growth: In the early stages of economic growth, environmental degradation increases as economies prioritize growth over environmental concerns.
- Turning Point: As an economy matures, a turning point is reached where the rate of environmental degradation starts to decrease.
- Further Economic Growth: With further economic development, investment in cleaner technologies and higher environmental regulations leads to a reduction in environmental degradation.

**The Fixed Effects Model (FEM)** accounts for unobserved heterogeneity by allowing each entity to have its own intercept term, effectively controlling for all time-invariant characteristics, whether observed or unobserved. This model is particularly useful when the unobserved variables are correlated with the explanatory variables, thus eliminating the omitted variable bias. The FEM is estimated using the Within-Group Estimator, which removes the entity-specific effects by demeaning the data with respect to each entity’s mean (*Baltagi, 2005*).

The FEM is expressed as:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta \cdot X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

where  $Y_{it}$  represents the dependent variable for entity  $i$  at time  $t$ ,  $X_{it}$  denotes the vector of explanatory variables,  $\beta$  is the vector of coefficients, and  $\varepsilon_{it}$  is the idiosyncratic error term. The estimation of FEM typically employs the Within-Group Estimator, which involves demeaning the data with respect to each entity’s mean to eliminate the entity-specific effects.

**The Random Effects Model (REM)** assumes that the unobserved individual effects are uncorrelated with the explanatory variables. Unlike FEM, REM considers the entity-specific effects as part of the error term, leading to a composite error structure. This model is more efficient than FEM if its assumption holds, as it utilizes both within and between entity variations. The estimation of REM is typically done via Generalized Least Squares (GLS), optimizing the use of available data (*Baltagi, 2005*).

The Random Effects Model assumes that the individual effects are uncorrelated with the explanatory variables, allowing for a more efficient use of the data by considering both within and between entity variations. The REM is represented as:

$$Y_{it} = \alpha + \beta \cdot X_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

where  $Y_{it}$  is the dependent variable for individual  $i$  at time  $t$ ,  $\alpha$  is the overall intercept,  $X_{it}$  is the vector of explanatory variables,  $\beta$  is the vector of coefficients,  $u_i$  is the random individual-specific effect. The composite error term  $u_i + \varepsilon_{it}$  combines the individual effect and the idiosyncratic error, with REM typically estimated via Generalized Least Squares (GLS) to account for the structure of the composite error.

In our model, where there are 6 countries ( $i$ ) and 32 ears ( $t$ ), the following representation of the REM model equation will be used:

$$GHG^{it} = \alpha + \beta_1 \cdot GDP_{it} + \beta_2 \cdot GDP_{it}^2 + \beta_3 \cdot PES_{it} + \beta_4 \cdot X_{it} + u_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Where  $CO_2$  (numeric dependent variable) is carbon dioxide emission (mln metric tons),  $GDP$  (numeric variable) – Gross Domestic Product (constant at 2015, 100 mln USD rate),  $GDP^2$  relates to the model of EKC (Environments Kuznets Curve),  $PES$  (numeric variable) – primary energy supply (tonne of oil equivalent, toe is defined as 107 kilocalories (41.868 gigajoules)),  $X$  – is a vector of other variables in country  $i$  at time  $t$  (there might be multiple of them). Other complementary variables include: forest area (percentage of total land area), population (total), Renewable energy consumption (percentage of total final energy consumption), Urban population (percentage of total population).

Analyzing Heterogeneity Across countries and ears we begin by exploring the variability in pollution levels, or heterogeneity, across different countries and over time.

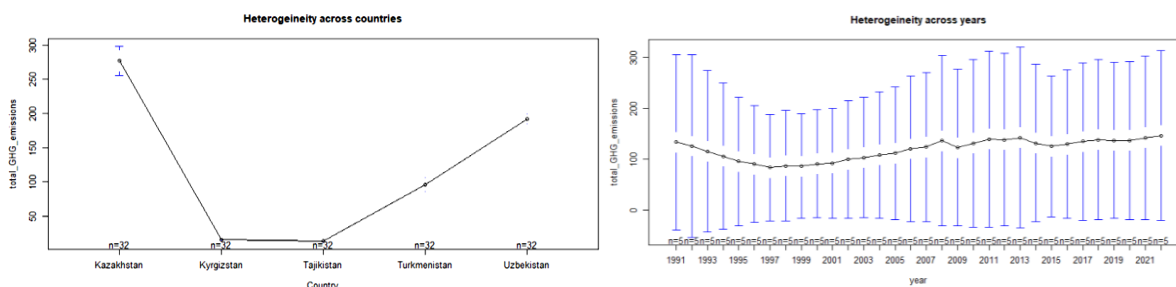


Figure 1. Analyzing Heterogeneity

The first graph in figure 1 shows GHG emissions for various countries. The second graph illustrates the fluctuation of GHG emissions over time, from 1991 to around 2022.

Results. The Random Effects model with the final set of variables represents the following:

Table 1. Random Effects model: results

| Test name   | Test statistics | p-value               |
|---|-----------------|-----------------------|
| Cross-sectional Dependence                          |                 |                       |
| <i>Breusch-Pagan LM test</i>                        | 82.126          | $2.85 \cdot 10^{-11}$ |
| <i>Pearson CD tests (for unbalanced panel data)</i> | -2.543          | 0.01099               |
| Serial-correlation                                  | 128.03          | $4.48 \cdot 10^{-14}$ |
| Stationarity (Augmented Dickey-Fuller test, k=1)    |                 |                       |
| <i>GHG</i>  | -2.1608         | 0.509                 |
| <i>GDP</i>  | -1.877          | 0.6276                |
| <i>GDP<sup>2</sup></i>                              | -2.607          | 0.3225                |
| <i>Primary energy supply</i>                        | -2.4083         | 0.4056                |
| <i>Renewable energy consumption</i>                 | -1.7516         | 0.68                  |

### Equation of the model:

$$GHG_{it} = 2,42 + 0.29 \cdot GDP_{it} - 4.77 \cdot 10^{-8} \cdot GDP_{it}^2 + 0.017 \cdot PES_{it} - 0.016 \cdot REC_{it} + u_i + \varepsilon_{it}$$

(Note: The  $GHG$  and  $GDP$  are in natural log forms)

Where  $RES$  – is the renewable energy consumption,  $u_i$  – is the unobserved country-specific random effect and  $\varepsilon_{it}$  – is the idiosyncratic error term. Unobserved country-specific random effect:

|            |            |            |              |            |
|------------|------------|------------|--------------|------------|
| Kazakhstan | Kyrgyzstan | Tajikistan | Turkmenistan | Uzbekistan |
| 0.1961505  | -0.4283945 | -0.1158202 | 0.2525338    | 0.2828653  |

In economic terms, this nonlinear REM model highlights the complexity of the relationship between economic activity, energy consumption, and environmental impact. It provides evidence that while economic growth and energy supply are vital for development, there needs to be a simultaneous focus on sustainable practices, particularly the adoption of renewable energy and increasing the forest area to mitigate the environmental costs of development.

### Reference

1. Lan Xu, (2011). Theory of Environmental Kuznets Curve. China. East China University of Science and Technology. DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.361-363.1697.
2. Baltagi, B.H., (2005). Econometric Analysis of Panel Data, 3rd ed. Wiley.

## THE ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELS OF SENTENCE TYPES FOR A QUANTUM COMPUTER TRANSLATION

V.G. Bekova<sup>1, a)</sup>, M.X. Khakimov<sup>1, b)</sup>, D. B. Olimova<sup>1, v)</sup>

<sup>1</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek.

Author Emails

<sup>a)</sup> vazira.bekova16@gmail.com, <sup>b)</sup> muftah@mail.ru, <sup>v)</sup> dilafuz5563793@gmail.com

The use of innovative technologies is of particular importance in the current stage of translation activities. Primarily, this includes information technologies. The nature and requirements of translation process have significantly changed in the last decade. Firstly, changes expressively relate to the written translation of scientific, technical, official, and business documents. As a rule, translation solely through computer assistance like machine translation is not sufficient at present. The client expects the design of the translated document to closely resemble the original copy, and at the same time wants to adhere to the standards accepted in that country. Additionally, the translator is expected to effectively utilize previous orders completed on the same subject matter. In turn, the client anticipates a noticeable reduction in time and cost when translating text segments. These conditions can be met not only through a translator's proficiency in both the source and target languages and in-depth knowledge of the chosen field of expertise, but also by using modern computer technologies with confidence. Furthermore, utilizing digital technologies in translation is a crucial factor in addressing various challenges in the fields of information and communication technologies, such as enhancing the efficiency of services in the Uzbek language. It is also known that the creation of text analysis methods plays an important role in the development of these technologies. These methods are crucially utilized for the intellectual analysis of the given content. To achieve the main goal of research, it is necessary to create a program that analyzes mathematical models and generates algorithms automatically. If we utilize mathematical models in quality machine translation today, we can express the idea of using them in translation as follows:

If the computer can be programmed to understand this mathematical model in a language that it comprehends, then it is possible to achieve appropriate translation into the target language. Machine translations created up to the present day have been comprehensively translating the texts in different spheres across multiple languages. If machine translation is used in the scientific field, several limitations will be observed without any doubt. Even such limitations exist in the translation process that it is still possible to encounter issues where certain words and the content of the text in the source language may not accurately convey its intended meaning in the target language. In addressing these issues, we have made significant progress in achieving fairly comprehensive translations in machine translation today. However, according to our research, the problems in machine translation have not been fully resolved. The foundation of machine translation is considered to be computational linguistics, but every natural language (NL) is a complex system composed of mathematically unstructured and unformalized components. In accordance with the scientific work by Y.N. Marchuka [2], various concepts of models in the field of machine translation by mathematicians and linguists are explained in detail. Tables below illustrate new mathematical models of demonstrative, interrogative and negative sentences, together with affixations in the English pronouns. New mathematical models of affirmative, interrogative and negative sentences and affixations have been developed to translate from Uzbek into English or vice versa. The indicators below were taken to simplify the tables. All indicators in the text were created based on [1].

E1(MM+): Mathematical model of affixes in declarative sentences; E1(MM): Mathematical model of declarative sentence; E2(MM+): Mathematical model of affixes in interrogative sentences; E2(MM): Mathematical model of interrogative sentence; E4(MM+): Mathematical model of affixes in negative sentences; E4(MM): Mathematical model of negative sentence; EVX: Input language; EVIX: Output language.

**Table 1**

|         |  |       |         |         |           |    |   |         |
|---------|--|-------|---------|---------|-----------|----|---|---------|
| E1(MM+) | -  |       |         |         |           |    |   |         |
| E1(MM)  | $E1(M1,C,G3,D)=\$_{[i,1-7]}M1_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,1-h]}C_{[j]} \oplus \$_{[i,1-h]}G3_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,1-h]}C_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[j,1-7]}M1_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[i,2,1-h]}G3_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[i,2,1-h]}D_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,2,1-h]}C_{[j]}$ |       |         |         |           |    |   |         |
| EVX     | My   | name  | is      | Nurbek. | I         | am | a | student |
| EVIX    | Mening   | ismim | Nurbek. | Men     | talabaman |    |   |         |
| E1(MM)  | $E1(M1,C)=\$_{[i,1-7]}M1_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,1-h]}C_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[i,1-h]}C_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,1-7]}M1_{[j]} \oplus \downarrow C_{[h]}$   |       |         |         |           |    |   |         |
| E1(MM+) | $E1(M1(X3),C(X2),C)=\$_{[i,1-7]}M1(X3)_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,1-h]}C(X2)_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[i,1-h]}C_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,1,1-7]}M1_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[i,2,1-h]}C(M1)_{[i]}$   |       |         |         |           |    |   |         |

In the table above demonstrates new mathematical models of declarative sentences involving pronouns in both English and Uzbek.

The practical aspect of the research is expresses in following table 2 below. According to our study, new mathematical models of interrogative sentences with pronouns in English and Uzbek are constructed and new mathematical models of the affixation method found in sentences and word-forming affixes are also shown in the tables below.

**Table 2**

|         |  |
|---------|--|
| E2(MM+) | $E2(M4,C,G3,M1,D,F,Y)=\$_{[i,1-4]}M4_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,1-h]}C_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[i,1-h]}G3_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,1-4]}M1(X)_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[i,2,1-h]}D_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,2,1-h]}F_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[i,3,1-h]}Y_{[i]} \oplus \downarrow \$_{[j,2,1-h]}D_{[j]} \oplus \downarrow \$_{[j,3,1-h]}F_{[j]}$ |
|---------|--|

|         |  |       |          |               |      |               |     |    |     |        |      |
|---------|--|-------|----------|---------------|------|---------------|-----|----|-----|--------|------|
| E2(MM)  | $E2(M4,C,G3,M1,D,F,Y)=\downarrow_{[i,1-4]}M4_{[i]}\oplus\downarrow_{[j,1-h]}C_{[j]}\oplus\downarrow_{[i1,1-h]}G3_{[i1]}\oplus\downarrow_{[j1,1-4]}M1_{[j1]}\oplus\downarrow_{[i2,1-h]}D_{[i2]}\oplus\downarrow_{[j2,1-h]}F_{[j2]}\oplus\downarrow_{[i3,1-h]}Y_{[i3]}\oplus\downarrow_{[j2,1-h]}D_{[j3]}\oplus\downarrow_{[j3,1-h]}F_{[j3]}$  |       |          |               |      |               |     |    |     |        |      |
| EVX     | Which  | book  | Is       | yours         | the  | first         | one | Or | the | second | One? |
| EVIX    | Qaysi  | kitob | Siznik i | birinch isimi | yoki | Ikki nchis i? |     |    |     |        |      |
| E2(MM)  | $E2(M4,C,G)=\downarrow_{[i,1-4]}M4_{[i]}\oplus\downarrow_{[j,1-h]}C_{[j]}\oplus\downarrow_{[i1,1-4]}M1_{[i1]}\oplus\downarrow_{[j1,1-h]}F_{[j1]}\oplus\downarrow_{[i2,1-h]}Y_{[i2]}\oplus\downarrow_{[j2,1-h]}F_{[j2]}$  |       |          |               |      |               |     |    |     |        |      |
| E2(MM+) | $E2(M4,C,G)=\downarrow_{[i,1-4]}M4_{[i]}\oplus\downarrow_{[j,1-h]}C_{[j]}\oplus\downarrow_{[i1,1-4]}M1(X3_{[i1]})\oplus\downarrow_{[j1,1-4]}M1(U_{[j1]})\oplus\downarrow_{[i2,1-h]}F(A4_{[i2]})\oplus\downarrow_{[j2,1-h]}F(A4_{[j2]})\oplus\downarrow_{[i3,1-h]}F(U_{[i3]})\oplus\downarrow_{[j3,1-h]}Y_{[j3]}\oplus\downarrow_{[i4,1-4]}M1(X3_{[i4]})\oplus\downarrow_{[j4,1-h]}F(A4_{[j4]})\oplus\downarrow_{[i5,1-h]}F(A4_{[i5]})\oplus\downarrow_{[j5,1-h]}F(U_{[j5]})$ |       |          |               |      |               |     |    |     |        |      |

**Table 3**

|         |   |       |       |           |          |    |     |          |
|---------|---|-------|-------|-----------|----------|----|-----|----------|
| E4(MM+) | -   |       |       |           |          |    |     |          |
| E1(MM)  | $E4(M3,C,G,E4,M1)=\downarrow_{[i,1-3]}M3_{[i]}\oplus\downarrow_{[j,1-h]}C_{[j]}\oplus\downarrow_{[i1,1-h]}G_{[i1]}\oplus\downarrow_{[j1,1-h]}E4_{[j1]}\oplus\downarrow_{[i2,1-h]}G_{[i2]}\oplus\downarrow_{[j2,1-3]}M1_{[j2]}\oplus\downarrow_{[i3,1-h]}M1_{[i3]}\oplus\downarrow_{[j3,1-h]}C_{[j3]}$       |       |       |           |          |    |     |          |
| EVX     | That  | man   | did   | not       | tell     | me | his | address. |
| EVIX    | O'sha   | kishi | menga | manzilini | aytmadi. |    |     |          |
| E4(MM)  | $E4(C,M1,M3,G)=\downarrow_{[i,1-3]}M3_{[i]}\oplus\downarrow_{[j,1-h]}C_{[j]}\oplus\downarrow_{[i1,1-3]}M1_{[i1]}\oplus\downarrow_{[j1,1-h]}C_{[j1]}\oplus\downarrow_{[i2,1-h]}G_{[i2]}$   |       |       |           |          |    |     |          |
| E4(MM+) | $E4(M3,C(X2),M1(X3),C(X3),G(AG),G(O))=\downarrow_{[i,1-3]}M3_{[i]}\oplus\downarrow_{[j,1-h]}C(X2_{[j]})\oplus\downarrow_{[i1,1-3]}M1(X3_{[i1]})\oplus\downarrow_{[j1,1-h]}C(X2_{[j1]})\oplus\downarrow_{[i2,1-h]}C(X3_{[i2]})\oplus\downarrow_{[j2,1-h]}G(AG_{[j2]})\oplus\downarrow_{[i3,1-h]}G(O_{[i3]})$ |       |       |           |          |    |     |          |

According to the analysis presented the next table 3 above, a new mathematical model for negative sentences with pronouns has also been developed. However, it can be easily seen that it is impossible to program the strict translation of negative sentences with pronouns in English and Uzbek, since both languages have their own peculiarities in terms of forming negation and sentence structure.

In conclusion, in order to create a quantum computer translation system for educational and scientific-technical fields, it is crucial for the mathematical models based on natural languages to align with each other. This alignment ensures the precise functioning of machine translation between two languages.

**Reference**

1. Хакимов М.Х. Технология многоязыкового моделируемого компьютерного переводчика (Технология ММКП)/LAMBERT Academic Publishing, Монография, г. Рига, 2019. - С. 174.
2. Марчук Ю.Н. Модели перевода. Модели перевода: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / Ю. Н. Марчук. —М.: Издательский центр «Академия», 2010. —176 с.

## TRANSPORT OQIMLARINI O‘RGANISHDA LWR MODELI

Rasulmuxamedov M. M.<sup>1, a)</sup>, Tashmetov K. Sh.<sup>1, b)</sup>

<sup>1</sup>*Toshkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston*

Mualliflarning elektron pochta

<sup>a)</sup>mrasulmuxamedov@mail.ru, <sup>b)</sup>tashmetov1993@gmail.com

Hozirgi kunda shaharlarda o‘tib borayotgan tirbandliklar va harakat hajmining yildan-yilga o‘tib borish omillari tufayli, yo‘l transporti oqimini o‘rganish va uni boshqarish zamonaviy dunyoda muhim rol o‘ynamoqda. Yo‘l harakati dinamikasini tushunish va bashorat qilish yo‘l harakati xavfsizligi va samaradorligini ta‘minlashning asosiy masalalaridan biri bo‘lib, kelmoqda. Xususan O‘zbekistonda ham oxiri yillari harakat dinamikasi va transport oqimlarini bashorat qilish, dolzarb masalalarga aylamoqda. Bunday masalalarni kelib chiqish sabablari yuqorida keltirilgan omillarning tobora rivojlanib borishidir. Bunday omillarni tushunish va o‘rganishga yana bir asosiy sabab, o‘tib borayotgan tirbandlik va avtotransport hajmining ortib borayotgani, mamlakat taraqqiyotiga sezilarli ta‘siridir. Tirbandliklar iqtisodiy jihatdan tovar va xizmatlarni etkazib berishda kechikishlarga sabab bo‘lmoqda, bu esa o‘z navbatida tadbirkorlik faoliyatining samaradorligi va rentabelligini pasaytirmoqda. Ekologiya nuqtayi nazaridan, avtomobillardan chiqadigan chiqindilarning ko‘payishi havo sifatini yomonlashtirishi va fuqarolarning sog‘lig‘iga ta‘siri bo‘lsa, ijtimoiy jihatdan tirbandliklar stressni kuchaytirishi va shahar aholisining hayot sifatiga salbiy ta‘sir ko‘rsatishi mumkinligidir. Bularning barchasi transport tizimining samaradorligini pasaytirishi, odamlar va tovarlarning harakatlanishini qiyinlashtirishi va mamlakatning jahon iqtisodiyotidagi raqobatbardoshligini yomonlashtirishi mumkin.

Transport infratuzilmasini o‘rganish va boshqarishda transport oqimining modellari asosiy rol o‘ynaydi. Ular turli sharoitlarda transport oqimining harakatini bashorat qilish va tahlil qilish imkonini beradi, bu transportni boshqarishning samarali strategiyalarini ishlab chiqish va transport infratuzilmasi bilan bog‘liq muammolarni kamaytirish uchun katta ahamiyatga ega. Yo‘l transportining harakat modellari hal qiladigan asosiy vazifalardan biri bu yo‘llarda harakatning dinamikasini bashorat qilishdir. Bu mavjud infratuzilmaning samaradorligini baholash va yo‘llarning tirbandligi va u bilan bog‘liq yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan muammolarni bashorat qilish imkonini beradi. Ushbu prognozlariga asoslanib, svetoforlarni optimallashtirish yoki muqobil marshrutlarni tavsiya qilish kabi harakatni boshqarish strategiyalari ishlab chiqilishi mumkin. Umuman olganda, transport oqimi modellari transport infratuzilmasini o‘rganish va uni boshqarish strategiyasini ishlab chiqishda muhim vosita hisoblanadi. Ular infratuzilmaning hozirgi holatini tahlil qilish, uning rivojlanishini bashorat qilish va umuman transport tizimining faoliyatini optimallashtirish imkonini beradi [1,2,4].

Transport oqimini tahlil qilish uchun foydalaniladigan modellardan biri LWR (Lighthill-Whitham-Richards) modelidir. Massaning saqlanish qonunlari va oqimning ideallashtirilgan namoyishiga asoslangan ushbu model yo‘l bo‘ylab transport zichligidagi o‘zgarishlarni tasvirlashi va tirbandlikning shakllanishi yoki hal qilinishini bashorat qilishi mumkin. LWR modelidan foydalangan holda transport oqimi dinamikasini o‘rganish zamonaviy dunyoda juda dolzarbdir. LWR modelidan foydalanish nafaqat transport oqimida sodir bo‘layotgan jarayonlarni yaxshiroq tushunishga, balki uni boshqarishning yanada samarali strategiyalarini ishlab chiqishga imkon beradi. Bunga svetoforni boshqarishni optimallashtirish, sayohat vaqtlarini bashorat qilish va haqiqiy trafik ma‘lumotlari asosida transport oqimini boshqarish kiradi. Shunday qilib, transport oqimini o‘rganishda LWR modelini o‘rganish transport muammolarini kamaytirish, yo‘l harakati xavfsizligini yaxshilash va shaharning yashash muhiti sifatini yaxshilashga yordam beradigan barqaror va aqlli transport boshqaruv tizimlarini rivojlantirish uchun katta ahamiyatga egadir [2,6].

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi LWR modelining tenglamasini (1) echish uchun chekli ayirmalar usuliga asoslangan sonli usulni ishlab chiqish va bu usul yordamida hisob-kitoblarni amalga oshirish imkonini beruvchi dastur yaratishdir.

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial q(p)}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

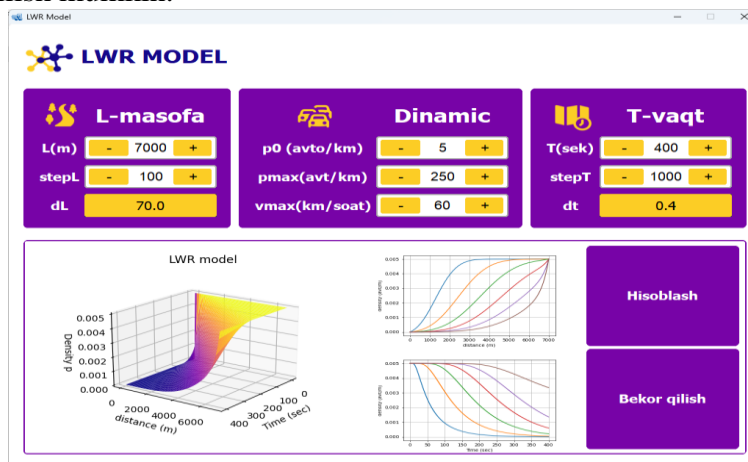
Yuqorida keltirilgan (1) tenglamani chekli ayirmalar usuli ko'rinishidagi tenglamani yozib olamiz (2) Bu tenglama asosida keyin dasturimizni yaratamiz.

$$\frac{p_{i,j+1} - p_{i,j}}{\Delta t} + \frac{q(p_{i,j}) - q(p_{i-1,j})}{\Delta x} = 0 \quad (2)$$

Bu erda LWR tenglamasini echishning sonli usullariga oid asosiy [1-5] manbalari va ularni transport oqimini modellashtirishda qo'llash ko'rib chiqilgan. LWR tenglamasining matematik jihatlarini o'rganishning asosiy manbalari sifatida transport oqimlarni modellashtirishda sonli usullar bo'yicha zamonaviy ilmiy maqolalar va kitoblar qo'llanilgan.

Xususi differensial tenglamalarni sonli usullar yordamida EHMda echish uchun ham dasturiy ta'minotni yaratishga bag'ishlangan ishlar ham o'rganildi. EHMda raqamli usullarni samarali amalga oshirishni tavsiflovchi ishlarga, jumladan algoritmlarni optimallashtirish va parallel hisoblashdan foydalanish masalalariga alohida e'tibor qaratilgan [5,7].

Yuqorida keltirilgan tenglamalarni hisoblash yordamida masalamizni echish algoritmi va dasturi ishlab chiqildi. Dasturimizda boshlang'ich va chegaraviy shartlar sifatida  $p(x, t_0) = 5 \text{ avto/km}$ ,  $p(x_0, t) = 0 \text{ avto/km}$ ,  $p(x_{max}, t) = 5 \text{ avto/km}$ ,  $p_{max} = 250 \text{ avto/km}$  va  $v_{max} = 60 \text{ km/soat}$  olingan. Dasturimiz yordamida hisoblab topilgan avtomashinalar zichligiga asosan 3 o'lchovligi va 2 o'lchovli harakat zichligi grafiklari (1-rasm) qurilgan. Bu dastur yordamida ixtiyoriy tezlik, masofa, vaqt va boshlang'ich tezliklar yordamida harakat dinamikasini tahlil qilish mumkin.



1-rasm. LWR modelni sonli usullar yordamida hisoblash dasturi.

**Xulosa.** Xulosa qilib, shuni aytish mumkinki chekli ayirmalar usuliga asoslangan sonli usullar yordamida ishlab chiqilgan dastur LWR modelini hisoblab topishga yordam beradi. Bu natija ma'lum yo'ldagi transport oqimlarining tirbandliklarini tahlil qilish imkonini beradi.

### Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Chen J., Shi Z., Hu Y. Numerical solution of a two-class LWR traffic flow model by high-resolution central-upwind scheme //Computational Science-ICCS 2007: 7th International Conference, Beijing, China, May 27-30, 2007, Proceedings, Part I 7. – Springer Berlin Heidelberg, 2007. – C. 17-24.
2. Imran W. et al. Macroscopic traffic flow characterization for stimuli based on driver reaction //Civil Engineering Journal. – 2021. – T. 7. – №. 1. – C. 1-13.
3. Dubey V. P. et al. Computational analysis of local fractional LWR model occurring in a fractal vehicular traffic flow //Fractal and Fractional. – 2022. – T. 6. – №. 8. – C. 426.



4. Qin Y., Wang H., Ni D. LWR model for traffic flow mixed with CACC vehicles //Transp. Sci. – 2021. – Т. 55. – №. 4. – С. 883-907.
5. Морозов И. И. и др. Численное исследование транспортных потоков на основе гидродинамических моделей //Компьютерные исследования и моделирование. – 2011. – Т. 3. – №. 4. – С. 389-412.
6. Гасников А. В. Эффективные численные методы поиска равновесий в больших транспортных сетях //Дисс. на соискание уч. степ. д. ф.-м. н. по специальности. – 2016. – Т. 5.
7. Мондрус В. Л., Сизов Д. К. ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ НА АЛГОРИТМИЧЕСКОМ ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON //International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2018. – Т. 14. – №. 1. – С. 126Y136.

## DEVELOPMENT OF FLOW IN A PIPE WITH PARTIALLY FILLED POROUS MEDIUM

U. Dalabaev<sup>1,a)</sup>, N.K. Laatipov<sup>2,b)</sup>, A.T. Buriev<sup>1,c)</sup>

<sup>1</sup> University of World Economy and Diplomacy,

<sup>2</sup> National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,

Author Emails

a) udalabaev@mail.ru, b) laatipov\_nq\_aa@nuuz.uz, c) atburiev@gmail.com

Many processes involve fluid movement in the presence of porous media. In channel flow, liquid flows with various porous inclusions are observed: flow in the presence of sediments, with vegetation, with uneven ground, etc. [1-2].

This work represents a further development of the use of the two-speed model [3-4] for the study of related problems.

Let part of the channel be filled with a porous medium.

Consider an interpenetrating model that describes the flow of two-phase media [5], where the velocity of the discrete phase is neglected. Then the flow of the liquid phase is described by a system of equations (two-dimensional case):

$$fu \frac{\partial u}{\partial x} + fv \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{f}{\text{Re}} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{4}{3\text{Re}} \frac{\partial}{\partial x} \left( f \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial}{\partial y} \left( f \frac{\partial u}{\partial y} \right) - \frac{2}{3\text{Re}} \frac{\partial}{\partial x} \left( f \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial}{\partial y} \left( f \frac{\partial v}{\partial x} \right) - Cu, \quad (1)$$

$$fu \frac{\partial v}{\partial x} + fv \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{f}{\text{Re}} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial}{\partial x} \left( f \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{4}{3\text{Re}} \frac{\partial}{\partial y} \left( f \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial}{\partial x} \left( f \frac{\partial v}{\partial y} \right) - \frac{2}{3\text{Re}} \frac{\partial}{\partial y} \left( f \frac{\partial v}{\partial x} \right) - Cv. \quad (2)$$

$$\frac{\partial(fu)}{\partial x} + \frac{\partial(fv)}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

Here,  $u, v$  – longitudinal and transverse flow velocities,  $p$  – pressure,  $f$  volume concentration,  $\text{Re}$  is Reynolds number,  $C$  is interaction coefficient. In equations (1-3) the parameters are dimensionless ( $\text{Re} = UH\rho/\mu$ ),  $U$  is the average volume velocity,  $L$  is the characteristic scale,  $\rho$  – is the density of the liquid,  $\mu$  is the viscosity,  $H$  is channel height). The

Kozeny-Karman relation was used for the interaction coefficient:  $C = \frac{D^2 (1-f)^2}{\text{Re} f^2}$ ,

$D = \sqrt{\beta H} / d$ , where  $d$  is the characteristic size of the porous medium.  $Fr$  is the Froude

number,  $\alpha$  is the angle of inclination to the horizon,  $\beta$  is the coefficient in the Kozeny-Karman formula.

Equations (1)-(3) make it possible to study flows both inside and outside a porous medium, since at  $f = 1$  we obtain the Navier-Stokes equations for an incompressible fluid. Moreover, these equations are suitable for the entire region under consideration. To numerically solve (1)-(3), we use the control volume method [6] with a non-uniform mesh. The uneven mesh was built so that their concentrations formed around the porous medium. The SIPMLE algorithm [6] is generalized for equations (1)-(3).

Let the lower part of the channel be filled with a porous medium. Consider a flow in the region: the length of the channel is 5 and the height is 1, and the porous medium occupies half of the lower part of the channel. At the bottom of the channel, no-slip conditions are used. We consider an open flow at the upper boundary and use a soft boundary condition at the exit.

At the entrance a uniform flow is given,

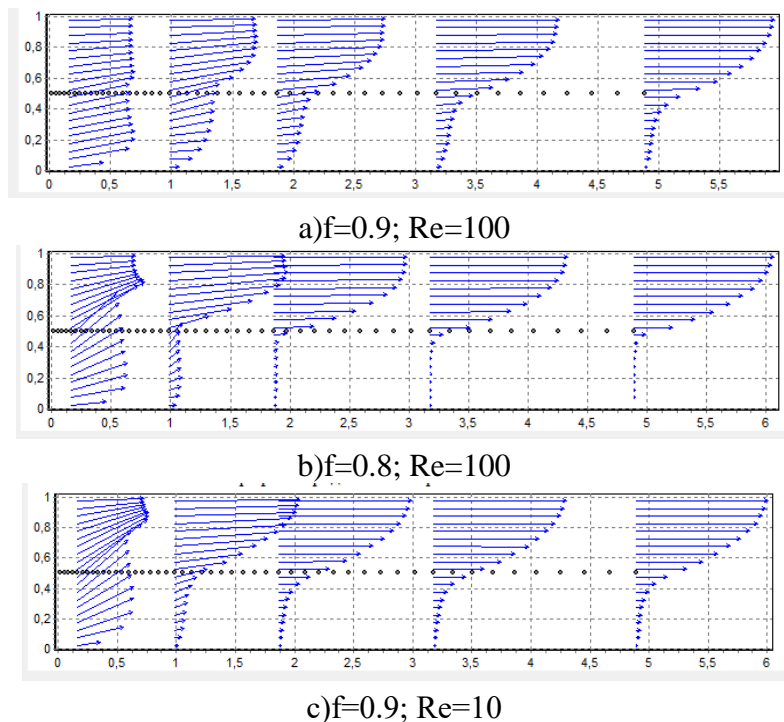


Fig.2 Speed along sections:  $x=0.166; 0.995; 1.869; 3.179; 4.887$  ( $D=100$ )

Figure 2a) shows the behavior of the flow velocity due to the presence of a porous layer. At the end of the channel, a one-dimensional flow is formed, obtained by solving a one-dimensional problem, which has been studied by many authors [7]. Based on the output velocity profile, a boundary soi near the interface is visible, widely discussed in the literature [7]. A comparison of Fig. 2a) and b) shows a strong influence of porosity (for clarity, the scale in Fig. 2 has been changed). For the output velocity profile, the effect is more noticeable compared to the Reynolds number.

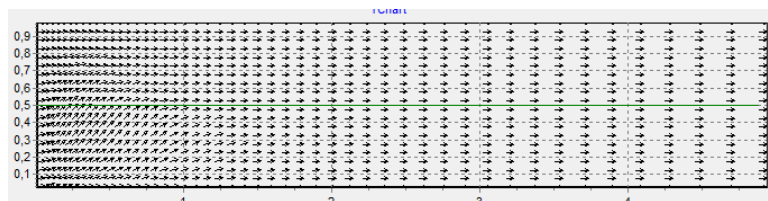


Fig.3 Current velocity field.  $Re=10, D=100; f=0.9$

Figure 3 shows the field direction and velocity vector.

One of the main issues in problems with an interface is the issue of leakage through the interphase boundary. Figure 4 shows the transverse velocity at various Reynolds numbers.

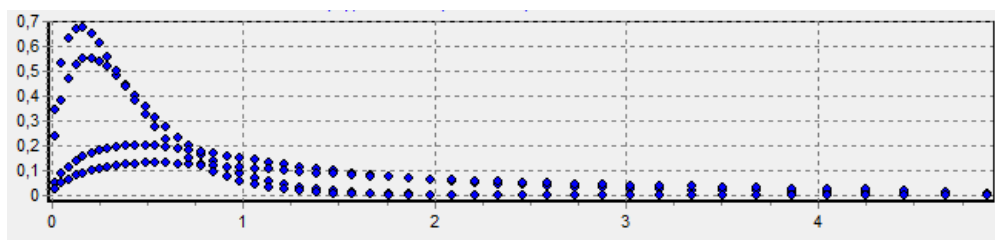


Fig.4 Transverse velocity at the interface.  $D=100$ ;  $f=0.9$

The results in Fig.4 were obtained at Reynolds numbers:  $Re=1$ ;  $10$ ;  $100$ ;  $200$ . The maximum value of the transverse velocity through the interface is observed at small Reynolds values; as this number increases, the maximum value decreases. In this case, the length of the region of leakage through the interface is proportional to the Reynolds number.

Using the proposed model, which is obtained on the basis of a two-speed interpenetrating model, it is possible to obtain a characteristic of the hydrodynamic fields of joint flow with porous inclusions. The extended Navier-Stokes model can be used to study hydrodynamic structures for flow in complex regions using a single equation without explicitly identifying the interregional boundary.

#### Reference

1. Donald A. Nield, Adrian Bejan, Convection in Porous Media, Springer International Publishing AG (2017)
2. Fernando A. Moralesa, Ralph E. Showalterb, A Darcy–Brinkman model of fractures in porous media, Journal of Mathematical Analysis and Applications, J. Math. Anal. Appl. 452 1332–1358, (2017)
3. Faizullaev, Dzharulla F, Laminar Motion of Multiphase Media in Conduits, Springer US, ISBN 978-1-4899-4832-8, (1969)
4. Nigmatulin, R. I., Fundamentals of the mechanics of heterogeneous media, Moscow, Izdatel'stvo Nauka, 336 p. In Russian, (1978)
5. Umuridin Dalabaev and Nusratilla Latipov. Modeling the flow in the presence of underwater vegetation. E3S Web of Conferences 431, 04017 (2023) ITSE-2023
6. Patankar S. Numerical Heat Transfer and fluid Flow, ISBN 9780891165224, Published January 1, by CRC Press, (1980)
7. S.V. Polyakov, M.A. Trapeznikova, A.G. Churbanov, N.G. Churbanova. Calculation of incompressible flows in the porous body-free flow system. Preprints of the Institute of Mechanical Engineering named after. M.V.Keldysh. 2021. No. 71. 19 p. <https://doi.org/10.20948/prepr-2021-71>

### MAVSUMIY TARTIBGA SOLUVCHI SUV OMBORLARI BO‘LGAN YIRIK NASOS STANSIYALARIDA SUV RESURSLARINING MATEMATIK MODELLARI

Rafiqova D. R.<sup>1, a)</sup>, Abduraxmonov O. N.<sup>1, b)</sup>, Choriyorov N. Q.<sup>1, c)</sup>, Seytov A. J.<sup>1, d)</sup>

<sup>1</sup>Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti

Mauilflar elektron pochtasi

abdalim83@mail.ru<sup>b)</sup>, nchoriyorov@gmail.com<sup>c)</sup>, saybek868@gmail.com<sup>d)</sup>

O‘zbekiston Respublikasi Qishloq va suv xo‘jaligi vazirligining suv xo‘jaligi tizimlari tarkibiga mavsumiy tartibga solinadigan suv havzalari bo‘lgan yirik nasos stansiyalari kaskadlari kiradi, ular suv ta‘minoti turlicha bo‘lgan yillarda iste‘molchilarni suv bilan

ta'minlashni ko'paytirish uchun foydalaniladi. Bunday ob'ektlar qatoriga nasos stansiyalari kaskadiga ega Qarshi magistral kanali va Tolimarjon suv ombori, Quyimazor va To'dako'l suv omborlari bilan Amu-Buxoro kanali va Uchqizil suv ombori bilan Amu-Zang mashina kanali kiradi.

$G(m,l)$  kompleksining shoxlarini bittadan boshlab va har bir yoyning tugunlarini belgilab, qandaydir tarzda raqamlaymiz. Keling, bu shoxlarning yo'nalishini chap uchidan o'ngga belgilaymiz.  $G(m,l)$  kompleksining har bir  $m$ -yoyi,  $m=1,2,\dots,M$  sonini  $N(M) - l$  segmentlarga va bu segmentlarning uchlarini chap bilan birga ajratamiz va yoyning o'ng uchlari umumiy holda yoyning  $N(M)$  nuqtalari bilan aniqlanadi. Biz bu nuqtalarni nazorat nuqtalari deb ataymiz.  $K$ -yoyning har bir  $j$ -nazorat nuqtasida  $j=1,2,\dots,N(M)$ ,  $q_j^m(t)$  va  $h_j^m(t)$  o'zgaruvchilari aniqlanadi, qiymatlari  $k=1,2,\dots,K$ , vaqtning diskret momentida  $m$ -yoyning  $j$ -nazorat nuqtasida mos ravishda oqim tezligi va suv sathini ifodalaydi.

Magistral kanal uchastkasining holati beqaror suv oqimi bilan tavsiflanadi va Sent-Venantning saqlanish qonunlari ko'rinishidagi differentsial tenglamalar tizimi bilan tavsiflanadi [1-5]:

$$B_i \frac{\partial z_i}{\partial t} + \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} = q_i,$$

$$\frac{1}{g \omega_i} \left( \frac{\partial Q_i}{\partial t} + 2v \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} \right) + \left[ 1 - \left( \frac{v_i}{c_i} \right)^2 \right] \frac{\partial z_i}{\partial x_i} =$$

$$= \left[ i_i + \frac{1}{B_i} \left( \frac{\partial \omega_i}{\partial x_i} \right)_{h_i=const} \right] \left( \frac{v_i}{c_i} \right)^2 - \frac{Q_i |Q_i|}{K_i^2}.$$

bu erda  $v_i = \frac{Q_i}{\omega_i}$ ,  $c_i = \sqrt{\frac{g \omega_i}{B_i}}$ ,

(1) tizimdagi giperbolik tipdagi qisman differentsial tenglamalar oqimning massasi va impuls momentini saqlash tenglamalari bo'lib, ochiq kanal kesimida suvning beqaror harakatining matematik modelini ifodalaydi.

Oqim moduli  $K_i(x_i, z_i)$  ishqalanish kuchlarining kattaligini tavsiflaydi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$K_i = \omega_i \cdot C_i \sqrt{R_i},$$

bu erda

- $R_i$  – kanalning gidravlik radiusi;
- $\omega_i$  – kanalning harakatdagi kesimining maydoni;
- $C_i$  – Shezi koeffitsienti.

Chezi koeffitsientini aniqlash uchun bir qator empirik formulalar mavjud. Ulardan biri sifatida Pavlovskiy formulasini qabul qilish mumkin:

$$C_i = \frac{1}{n_i} R_i^{y_i}, \quad y_i = 2,5\sqrt{n_i} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_i}(\sqrt{n_i} - 0,1),$$

bu erda

- $n$  – kanal dag'allik koeffitsienti.

(2)-(3) tenglamalarning xarakterli shakli quyidagi ko'rinishga ega:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} + (v_i \pm c_i) \frac{\partial Q_i}{\partial x_i} - B_i (v_i \mp c_i) \left[ \frac{\partial z_i}{\partial t} + (v_i \pm c_i) \frac{\partial z_i}{\partial x_i} \right] = \left( \phi_i - \frac{Q_i |Q_i|}{K_i^2} \right) g \omega_i - (v_i \mp c_i) q_i \quad (4)$$

bu erda

$$\varphi_i = \left[ i_i + \frac{I}{B_i} \left( \frac{\partial \omega_i}{\partial x_i} \right)_{h_i = const} \right] \left( \frac{v_i}{c_i} \right)^2$$

Matematik model (4) asosida ob'ektning holatini modellashtirish uchun tenglamalarni echish sohasini tavsiflash uchun boshlang'ich va chegaraviy shartlarni belgilash kerak. Bu chegaraviy masalalarni sonli echish uchun xarakteristik shakldagi tenglamalar tizimini yozish qo'lay [5].

Matritsali tenglamalarning asosiy tizimi uchun yozuvning xarakterli shakli quyidagi shaklga ega:

$$S_i \frac{\partial U_i}{\partial t} + \Lambda_i S_i \frac{\partial U_i}{\partial x_i} = F_i(U_i, K_i, t), \quad (5)$$

bu yerda

$$S_i = \begin{bmatrix} 1 & -B_i(v_i + c_i) \\ 1 & -B_i(v_i - c_i) \end{bmatrix}; \quad U_i = \begin{bmatrix} Q_i \\ z_i \end{bmatrix}; \quad (6)$$

$$\Lambda_i = \begin{bmatrix} v_i - c_i & 0 \\ 0 & v_i + c_i \end{bmatrix}; \quad F_i = -B_i i_i v_i^2 - g \omega_i \frac{Q_i |Q_i|}{K_i} - (v_i \mp c_i) q_i.$$

Dastlabki shartlar quyidagi shaklda yoziladi

$$\begin{aligned} Q_i(x_i, t_0) &= Q_{i0}(x_i), & z_i(x_i, t_0) &= z_{i0}(x_i) \\ 0 \leq x_i &\leq \ell_i, & k &= 1, \dots, 6, \end{aligned} \quad (7)$$

bu yerda  $Q_{i0}(x_i)$  va  $z_{i0}(x_i)$  – ma'lum funktsiyalar;  $t_0$  – vaqtning dastlabki momenti.

Qarshi magistral kanali uchastkalarida suvning beqaror harakatlarini tavsiflovchi tenglamalar xuddi shunday xarakterli shakl ko'rinishida keltirilgan (5).

Dastlabki shartlar shaklda yoziladi

$$\begin{aligned} Q_i(x_i, t_0) &= Q_{i0}(x_i), & z_i(x_i, t_0) &= z_{i0}(x_i) \\ 0 \leq x_i &\leq \ell_i, & i &= 1, \dots, 9, \end{aligned} \quad (8)$$

bu yerda  $i$  – bo'lim raqami,  $Q_{i0}(x_i)$  va  $z_{i0}(x_i)$  – ma'lum funktsiyalar;  $t_0$  - vaqtning dastlabki momenti.

Chegaraviy shartlar quyidagicha yoziladi:

$$\begin{aligned} z_1(0, t) &= z_a(t), & Q_1(\ell_1, t) &= Q_2(0, t) = Q_1^{nc}(t), \\ Q_2(\ell_2, t) &= Q_3(0, t) = Q_2^{nc}(t), & Q_3(\ell_3, t) &= Q_4(0, t) = Q_3^{nc}(t), \\ Q_4(\ell_4, t) &= Q_5(0, t) = Q_4^{nc}(t), & Q_5(\ell_5, t) &= Q_6(0, t) = Q_5^{nc}(t), \\ Q_6(\ell_6, t) &= Q_7(0, t) = Q_6^{nc}(t), & Q_7(\ell, t) &= Q_7^{nc}(t) + Q_1^{nc}(t), \\ Q_8(\ell, t) &= Q_8^{sn}(t), & & \\ Q_i^{nc}(t) &= F_i(z_i(\ell_i, t), z_{i+1}(0, t), (N_i(t), N_i^p(t), \psi_i^p(t))) \end{aligned} \quad (9)$$

bu yerda  $z_a(t)$  - daryodagi suv sathining o'zgarishi. Amudaryo;  $Q_i^{ns}(t)$  – nasos stansiyalarining suv oqimining o'zgarishi;  $i$  – nasos stansiyasi;  $Q_i^{ps}(t)$  – ajratuvchi inshootning suv oqimining o'zgarishi;  $Q_i^{sp}(t)$  - oxirgi o'lchash stantsiyasida suv oqimining o'zgarishi.

## Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Rakhimov, Sh., Seytov, A., Nazarov, B., Buvabekov, B., Optimal control of unstable water movement in canals of irrigation systems under conditions of discontinuity of water delivery to consumers. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012065, Dagestan, 2020.
2. Shavkat Rakhimov, Aybek Seytov, Nasiba Rakhimova, Bahrom Xonimqulov. Mathematical models of optimal distribution of water in main canals. 2020 IEEE 14th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), INSPEC Accession Number: 20413548, IEEE Access, Tashkent, Uzbekistan.
3. Rakhimov, S., Seytov, A., Kudaybergenov, A. Modeling and optimization of water supply processes at large pumping stations. Global and Stochastic Analysis, 2021, 8(3), стр. 57–62.
4. Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. Optimal water distribution in large main canals of irrigation system // Global and Stochastic Analysis. – 2021. Vol.8, No.3. Pp. 45-53. (№3 Scopus IF = 9.6246)
5. Seytov, A., Turayev, R., Jumamuratov, D., Kudaybergenov, A. Mathematical Models for Calculation of Limits in Water Resources Management in Irrigation Systems. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021, 2021

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ТЕПЛОВОМ ПОТОКЕ В ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ТЕЛАХ СЛОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ

А.М. Полатов<sup>1,а)</sup>, А.М. Икрамов<sup>1,б)</sup>, Ш.О. Сапаев<sup>1,в)</sup>

<sup>1</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek.

<sup>а)</sup>dr.polatov@gmail.com, <sup>б)</sup>ikramovaxmat@gmail.com, <sup>в)</sup>sapoyev.nazarbek@gmail.com

Рассмотрена задача теплопередачи в механических системах. На основе метода конечных элементов (МКЭ) исследовано решение задачи симметричной теплопередачи относительно оси в случае, когда тепловой поток направлен в определенную сторону. Для решения плоской задачи теплопередачи применяется треугольный элемент с плоскими сторонами. Нумерация узлов представляет собой направление против часовой стрелки от конкретного узла[1]. На основе поставки задачи дано решение конкретной задачи и изучено влияние теплового потока на распределение температуры тела.

Рассматривается дифференциальное уравнение для квазистатических задач теории поля в цилиндрических координатах [1]:

$$K_{rr} \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} K_{rr} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{K_{\theta\theta}}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + K_{zz} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + Q = 0; \quad (1)$$

Здесь  $K_{rr}, K_{\theta\theta}, K_{zz}$  - коэффициенты теплопроводности в соответствующих направлениях;  $r$  - расстояние от оси симметрии до центра элемента;  $Q$  - источник тепла внутри тела, значение которого считается положительным, если тепло подводится к телу;  $T(x, y)$  - неизвестная температура,  $K$ .

Если трехмерное тело обладает геометрической симметрией относительно оси  $Oz$ , то это тело называют осесимметричным телом. Если к тому же исследуемая физическая величина не зависит от азимутального угла  $\theta$ , то дифференциальное уравнение (1) сводится к следующему:

$$K_{rr} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} K_{rr} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + K_{zz} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + Q = 0; \quad (2)$$

Граничные условия ставятся двух типов[2]:

$$T = T_\Gamma(\Gamma) \quad (3)$$

если температура  $T$  известна на некоторой части границы  $\Gamma$ , где  $T_\Gamma(\Gamma)$  - известная температура в точках границы, зависящая от координат точек поверхности  $s$  на границе  $T$ ;

$$K_{rr} \frac{\partial T}{\partial r} l_r + K_{zz} \frac{\partial T}{\partial z} l_z + q(x, y) + h(T - T_\infty) = 0; \quad (4)$$

если на части поверхности  $\Gamma_1$  происходит конвективный теплообмен, характеризуемый величиной  $h(T - T_\infty)$ , или задан поток тепла  $q(x, y)$  на части поверхности  $\Gamma_2$ , причем  $\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2$ . Здесь  $h$  - коэффициент теплообмена,  $\frac{\kappa Bm}{(M^2 \cdot K)}$ ;  $T_\infty$  - известная температура

окружающей среды,  $K$ ;  $l_r, l_z$  - направляющие косинусы;  $q(x, y)$  - известный поток тепла,  $\frac{\kappa Bm}{M^2}$ , считается положительным, если тепло теряется телом. Поток тепла и конвективная

теплоотдача на одном и том же участке не могут действовать одновременно. Если имеет место теплоизолированная граница, то поток тепла равен нулю и конвективный теплообмен отсутствует, тогда граничное условие запишется так:  $\frac{dT}{dn} = 0$ , где  $n$  -

внешняя нормаль к границе рассматриваемой области.

Решение уравнения (2) по области  $S$  с граничными условиями (3) и (4) на  $\Gamma$  эквивалентно отысканию минимума функционала [3]:

$$\Phi(x, y) = \int_V \frac{1}{2} \left[ rK_{rr} \left( \frac{\partial T}{\partial r} \right)^2 + rK_{zz} \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 - 2rQT \right] dV + \int_\Gamma \left[ q \cdot T + \frac{1}{2} h \cdot (T - T_\infty)^2 \right] d\Gamma. \quad (5)$$

При решении задачи МКЭ область  $S$  разбивается на  $n$  подобластей (конечных элементов), которые обычно принимаются в форме треугольников (рис.1. б). Далее все формулы приводятся для треугольных конечных элементов. Функционал записывается как сумма вкладов всех конечных элементов по области. Тогда (5) примет вид

$$\Phi(x, y) = \sum_{e=1}^n \left[ \frac{1}{2} \cdot \int_{S^{(e)}} \{g^{(e)}\}^T \cdot [D^{(e)}] \cdot \{g^{(e)}\} ds - \int_{S^{(e)}} T^{(e)} \cdot r \cdot Q^e ds + \int_{\Gamma_2^{(e)}} T^{(e)} \cdot q^{(e)} d\Gamma + \int_{\Gamma_1^e} \frac{1}{2} \cdot [T^{(e)} \cdot T^{(e)} - 2 \cdot T^{(e)} \cdot T_\infty + (T_\infty)^2] \cdot h^{(e)} d\Gamma \right]$$

где  $\{g^{(e)}\}^T = \left[ \frac{\partial T^{(e)}}{\partial x} \quad \frac{\partial T^{(e)}}{\partial y} \right]$ ;  $[D^{(e)}] = \begin{bmatrix} rK_x^{(e)} & 0 \\ 0 & rK_y^{(e)} \end{bmatrix}$  - матрица коэффициентов

теплопроводности, или  $\Phi(x, y) = \sum_{e=1}^n \Phi^{(e)}(x, y)$ .

Представим температуру, изменяющуюся в пределах  $(e)$ -го конечного элемента, через узловые значения:

$$T^{(e)} = [N^{(e)}] \cdot \{T\}$$

где  $[N^{(e)}]$  - матрица функций формы конечного элемента, учитывающая распределение температуры в пределах конечного элемента. Тогда

$$\{g^{(e)}\} = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_2^{(e)}}{\partial x} & \frac{\partial N_3^{(e)}}{\partial x} \\ \frac{\partial N_1^{(e)}}{\partial y} & \frac{\partial N_2^{(e)}}{\partial y} & \frac{\partial N_3^{(e)}}{\partial y} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{Bmatrix} \quad \text{или} \quad \{g^{(e)}\} = [B^{(e)}] \cdot \{T\},$$

где  $[B^{(e)}]$  - матрица градиентов функций формы конечного элемента.

Для каждого конечного элемента теперь можно записать его вклад в выражение для функционала (5):

$$\begin{aligned} \Phi^{(e)} = & \int_{S^{(e)}} \frac{1}{2} \cdot \{T\}^T \cdot [B^{(e)}]^T \cdot [D^{(e)}] \cdot [B^{(e)}] \cdot \{T\} ds - \int_{S^{(e)}} rQ^{(e)} \cdot [N^{(e)}] \cdot \{T\} + \\ & + \int_{\Gamma_2^{(e)}} q^{(e)} \cdot [N^{(e)}] \cdot \{T\} d\Gamma + \int_{\Gamma_1^{(e)}} \frac{h^{(e)}}{2} \cdot [T]^T \cdot [N^{(e)}]^T \cdot [N^{(e)}] \cdot \{T\} d\Gamma - \\ & - \int_{\Gamma_1^{(e)}} h^{(e)} \cdot (T_\infty) \cdot [N^{(e)}] \cdot \{T\} d\Gamma + \int_{\Gamma_1^{(e)}} \frac{h^{(e)}}{2} \cdot (T_\infty)^2 d\Gamma \end{aligned}$$

Минимум функционала (5) требует выполнения следующего условия:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \{T\}} = \sum_{e=1}^n \frac{\partial \Phi^{(e)}}{\partial \{T\}} = 0$$

Для (e)-го конечного элемента имеем:

$$\frac{\partial \Phi^{(e)}}{\partial \{T\}} = [k^{(e)}] \cdot \{T\} + \{F^{(e)}\},$$

где матрица теплопроводности элемента имеет вид:

$$[k^{(e)}] = \int_{S^{(e)}} [B^{(e)}]^T \cdot [D^{(e)}] \cdot [B^{(e)}] ds + \int_{\Gamma_1^{(e)}} h^{(e)} [N^{(e)}]^T \cdot [N^{(e)}] d\Gamma,$$

а вектор внешнего воздействия будет

$$\{F^{(e)}\} = - \int_{S^{(e)}} rQ^{(e)} \cdot [N^{(e)}]^T ds + \int_{\Gamma_2^{(e)}} q^{(e)} \cdot [N^{(e)}]^T d\Gamma - \int_{\Gamma_1^{(e)}} h^{(e)} \cdot (T_\infty) \cdot [N^{(e)}]^T d\Gamma$$

Для всей рассматриваемой области получим

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \{T\}} = \sum_{e=1}^n ([k^{(e)}] \cdot \{T\} + \{F^{(e)}\}) = 0$$

или

$$[K] \cdot \{T\} = \{F\},$$

где

$$[K] = \sum_{e=1}^n [k^{(e)}], \quad \{F\} = - \sum_{e=1}^n \{F^{(e)}\} \quad (6)$$

Уравнение (6) является основным уравнением для решения задачи теплопроводности МКЭ. Объемный интеграл в  $[k^{(e)}]$  задается формулой:



$$[k^{(e)}] = \frac{2\pi \bar{R} K_{rr}}{4A} \begin{bmatrix} b_i b_i & b_i b_j & b_i b_k \\ b_j b_i & b_j b_j & b_j b_k \\ b_k b_i & b_k b_j & b_k b_k \end{bmatrix} + \frac{2\pi \bar{R} K_{zz}}{4A} \begin{bmatrix} c_i c_i & c_i c_j & c_i c_k \\ c_j c_i & c_j c_j & c_j c_k \\ c_k c_i & c_k c_j & c_k c_k \end{bmatrix} \\ + \frac{h^{(e)} \cdot L_{1-2}}{6} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \frac{h^{(e)} \cdot L_{2-3}}{6} \cdot \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix} + \frac{h^{(e)} \cdot L_{3-1}}{6} \cdot \begin{bmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}$$

где  $L_{1-2}, L_{2-3}, L_{3-1}$  – длины соответствующих сторон конечного элемента. Вектор внешних воздействий на конечный элемент имеет вид:

$$F^{(e)} = \frac{Q^{(e)}}{3} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix} + \frac{q^{(e)} + h(T_\infty)}{2} \left[ L_{1-2} \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{Bmatrix} + L_{2-3} \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix} + L_{3-1} \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{Bmatrix} \right]$$

В качестве тестового примера рассматривается следующая задача (рис. 1.а):

Среда имеет коэффициенты теплопроводности  $K_{rr} = K_{zz} = 46 \frac{Вт}{см \cdot К}$ . Коэффициент теплообмена на поверхности среды  $h = 10 \frac{Вт}{см^2 \cdot К}$ . По боковым сторонам рассматриваемая среда ограничена толстым слоем изоляции. Температура воздуха на внешней поверхности среды  $T_\infty = +293 К$ . На нижней полукруглой части среды задается тепловой поток  $q = 500 Вт / см^2$ .

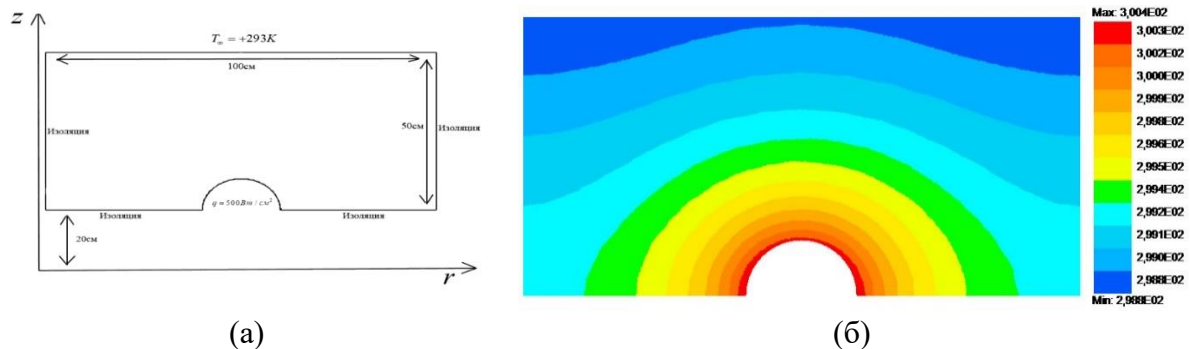


Рис. 1. Двумерный конфигурация тела (а) и изолинии температуры (б)

На рис. 1.а представлена двумерная конфигурация тела и изолинии температуры, полученные на основе вычислительного эксперимента (рис. 1.б), полученных в процессе решения задачи о распределении тепла при наличии теплового потока в осесимметричном трехмерном теле сложной формы.

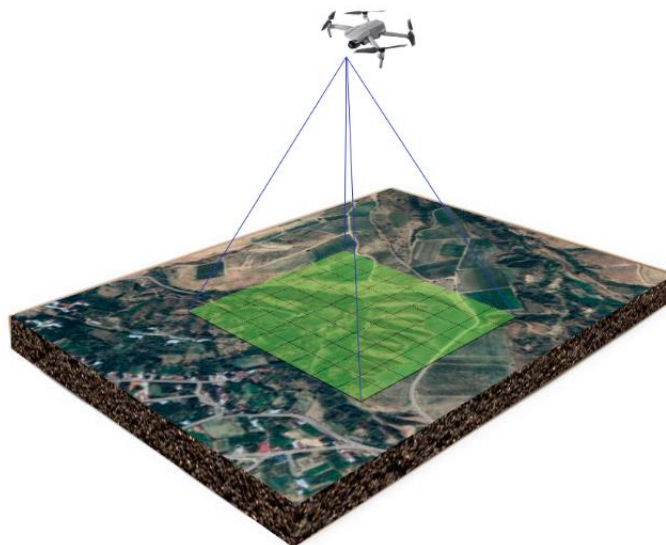
### Список литературы

1. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Вычислительная теплопередача. - М: Едиториал УРСС, 2003. - 784 с.
2. Цаплин А.И. Моделирование теплофизических процессов и объектов в металлургии: учеб. пособие – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. - 299 с.
3. Жуков Н. П., Майникова Н. Ф., Никулин С. С., Антонов О. А. Решение задач теплопроводности методом конечных элементов: - Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. - 80 с.

# AEROKOSMIK TASVIRLARNI QAYTA ISHLASHNING MATEMATIK USULLARI

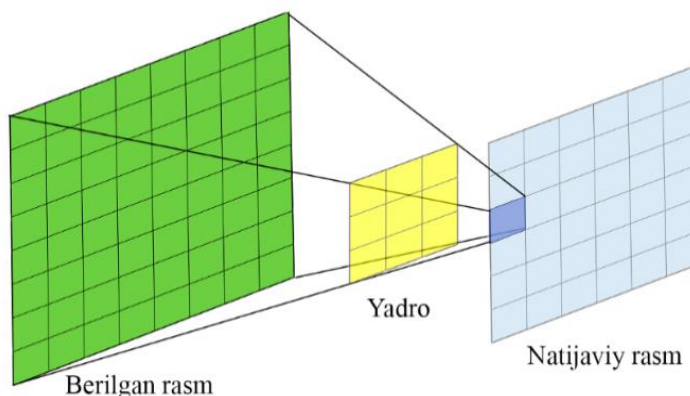
L.P. Varlamova <sup>a)</sup>, A. O‘. Qahhorov <sup>b)</sup>  
*Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti*  
Mualliflar elektron pochtasi  
<sup>a)</sup>dimirel@gmail.com, <sup>b)</sup>qahhorovabdusalim@gmail.com

Aerokosmik tasvirlarni ishlatilish sohasi juda keng hisoblanadi. Misol uchun: er yuzi xaritasini tuzishda, favqulodda holatlarda zarar ko‘lamini baholashda, razvedka va harbiy amaliyotlarda ishlatilishi mumkin. Aerokosmik tasvirlarni uchuvchisiz uchish qurilmalari, samolyotlar yoki sun‘iy yo‘ldoshlar orqali olinishi mumkin.



1-rasm. Uchuvchisiz uchish qurilmasida yer yuzini tasvirini olish.

Bunday tasvirlarni saqlash, qayta ishlash va uzatishda bir qator muammolar vujudga keladi. Qurilmalardan olingan tasvirlar haddan ziyod ko‘pligi hamda tasvirlarni hajmi kattaligi sababli “Big Data” muammosini paydo bo‘lishi bunga misol bo‘ladi. Bu muammoni echimi sifatida ikkinchi tur Fredgolm integral tenglamalari orqali amalga oshirilgan tasvirni siqishni(konvolutsiya) olish mumkin.



2-rasm. Tasvirni konvolutsiya yadrosi orqali siqish.

Tasvirni siqish orqali rasmlarni sifatini saqlagan holda hajmini qisqartirish mumkin. Tasvir konvolutsiyasi neyron tarmoqlar orqali amalga oshirilganda samarali natijalarga erishish mumkin. Ammo neyron tarmoqni o‘rgatish uchun juda ko‘p namunalar hamda juda ko‘p vaqt talab qilinadi. Taklif etilayotgan usulda ya‘ni ikkinchi tur Fredgolm integral tenglamalari orqali amalga oshirilgan tasvirni siqishda bunday muammo bo‘lmaydi. Tasvirlarni konvolutsiya qilish real vaqt rejimida amalga oshiriladi.

Tasvirlarni konvolutsiya qilish rasm ustida amalga oshiriladigan keyingi jarayonlar uchun poydevor hisoblanadi. Ya'ni chegaralarni aniqlash, aniqlikni oshirish hamda eng asosiysi tasvirdagi obyektlarni tanib olish uchun tasvir konvolutsiyasini qo'llash boshlang'ich jarayon hisoblanadi.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. L.P. Varlamova, Convolution of Images Using Deep Neural Networks in the Recognition of Footage Objects, Part of the book "Artificial Intelligence for Studies for Sustainable Development: Theory, Practice and Future Applications" Studies in Computational Intelligence, Vol. 912, Aboul-Ella Hassanien et al. (Eds): Artificial Intelligence for Sustainable Development: Theory, Practice and Future Applications, 978-3-030-51919-3, 493719\_1\_En. –Pp.171-191.
2. L.P. Varlamova, N.B. Tashpulatova, T.E. Nabiev, Sh. Tulaganov, R. Karieva, The Image Filtering, Eurasian Journal of Law, Finance and Applied Sciences. Innovative Academy Research Support Center. Volume 2 Issue 5, May 2022. ISSN 2181-2853. –Pp. 212-216.
3. C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, A. Rabinovich // Going deeper with convolutions / Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2015. – P. 1-9. – DOI: 10.1109/CVPR.2015.7298594.
4. Г. Нуссбаумер, Быстрое преобразование Фурье и алгоритмы вычисления сверток. Пер. с англ. :М. «Радио и связь», 1985, 248 с.

УДК. 517. 518. 644

## О НАХОЖДЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТЫ ВЕСОВОЙ ОПТИМАЛЬНОЙ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ В ПРОСТРАНСТВЕ С.Л.СОБОЛЕВА

$$\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$$

Ф.И. Жалолов<sup>1,а)</sup>, Б.О. Исомиддинов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Бухарский государственный университет

<sup>а)</sup> o\_jalolov@mail.ru

В настоящей работе в пространстве  $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$  периодических функций построена оптимальная весовая квадратурная формула используя метод предложенным С. Л. Соболевым [1], применяя дискретный аналог  $D_m[\beta]$  [2] одного дифференциального оператора при  $m=3$ .

Рассмотрим квадратурную формулу вида

$$\int_{T_1} p(x) f(x) dx \approx \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda f(x^{(\lambda)}), \quad (1)$$

где  $x^{(\lambda)}$  и  $c_\lambda$  - узлы и коэффициенты квадратурной формулы. Квадратурную формулу (1) сопоставим обобщённую функцию

$$\ell(x) = p(x) \varepsilon_{(T_1)}(x) - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda \delta(x - x^{(\lambda)}), \quad (2)$$

и назовём её функционалом погрешности квадратурной формулы (1). Здесь  $\varepsilon_{(T_1)}(x)$  - характеристическая функция  $T_1$ , т.е.

$$\varepsilon_{(T_1)}(x) = \begin{cases} 1, & x \in T_1 \\ 0, & x \notin T_1 \end{cases}, \quad \delta(x) - \text{дельта функция Дирака и } p(x) \in L_2(T_1).$$

**Определение 1.** Пространство  $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$  определяется как пространство функций заданных одномерном  $T_1$  - окружности длины равной единице и имеющих все обобщённые производные порядка  $m$  суммируемые с квадратом [1].  
 Норма определяется по формуле

$$\|f | \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)\|^2 = \left( \int_{T_1} f(x) dx \right)^2 + \sum_{k \neq 0} |2\pi k|^{2m} |\hat{f}_k|^2, \quad (3)$$

где  $\hat{f}_k$  - коэффициенты Фурье т.е.  $\hat{f}_k = \int_{T_1} f(x) e^{2\pi i k x} dx$ .

Справедлива следующие.

**Теорема 1.** Квадрат нормы функционала погрешности весовой квадратурной формулы (1) над пространством  $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$  равен

$$\left\| \ell | \tilde{W}_2^{(m)*}(T_1) \right\|^2 = \left| \hat{p}_0 - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda \right|^2 + \frac{1}{(2\pi)^6} \sum_{k \neq 0} \frac{\left| \hat{p}_k - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right|^2}{k^6}, \quad (4)$$

где  $c_\lambda$  - коэффициенты,  $x^{(\lambda)}$  - узлы квадратурной формулы вида (1).

**Теорема 2.** Функция  $\psi_\ell(x) \in \tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$  является экстремальной функцией для квадратурной формулы (1), где

$$\psi_\ell(x) = \hat{p}_0 - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda + \frac{1}{(2\pi)^6} \sum_{k \neq 0} \frac{\hat{f}_k e^{-2\pi i k x}}{k^6}. \quad (5)$$

По теоремы Бабушки [1] представление экстремальной функции (5) имеет следующий вид

$$\psi_\ell(x_\beta) = \hat{p}_0 - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda + \frac{1}{(2\pi)^6} \sum_{k \neq 0} \frac{\left( \hat{p}_k - \sum_{\lambda=1}^N c_\lambda e^{2\pi i k x^{(\lambda)}} \right) e^{-2\pi i k x_\beta}}{k^6}. \quad (6)$$

Основным результатом настоящей работы является

**Теорема 3.** В периодическом пространстве Соболева  $\tilde{W}_2^{(m)}(T_1)$  существует единственная оптимальная квадратурная формула вида (1) с функционалом погрешности (2), коэффициенты которой при  $m=3$  имеют следующий вид

$$c_\lambda = \frac{\hat{p}_0 + \frac{1}{(2\pi)^6} \frac{1}{N^6} \sum_{k \neq 0} \frac{\hat{p}_k}{k^6}}{N \left( \hat{p}_0 + \frac{1}{(2\pi)^6} \frac{1}{N^6} \sum_{k \neq 0} \frac{\hat{p}_k}{k^6} \right)}, \quad \beta = \overline{1, N}, N = 2, 3, \dots \quad (7)$$

Используя известные формулы [4] для оптимальных коэффициентов квадратурной формулы (1) из (7) получим

$$c_{[\beta]} = \frac{1 + \frac{1}{2N^4} B_4(h\beta)}{N \left( 1 + \frac{1}{2N^4} B_4 \right)} \quad (8)$$

## Литературы

1. Соболев С.Л., Введение в теорию кубатурных формул, М.Наука, 1974г. 808 с.
2. Shadimetov Kh.M, Jalolov Ik.I. Algorithm for constructing a discrete analogue  $D_3[\beta]$  of a single operator. Problems of computational and applied mathematics, 2015, No.2, -pp. 48-53.
3. Farhod Jalolov. "The best cubature formula over the space of S. L. Cobolev  $W_2^{(m)}(T_n)$  AIP Conference Proceedings 2781, 020049 (2023), <https://doi.org/10.1063/5.0144836>.
- 4.И.С. Градштейн и И.М. Рыжик. Таблицы интегралов, сумм рядов и произведений. наука, физ-мат., М.1971.
- 5.Farhod Jalolov, Bekzodjon Isomiddinov. Construction of the optimal cubature formula in the space. AIP Conference Proceedings. 3004, 060026 (2024), <https://doi.org/10.1063/5.0199850>.

## ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ПОСТРОЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КВАДРАТУРНОЙ ФОРМУЛЫ В ПРОСТРАНСТВЕ ХЁРМАНДЕРА

И.И. Жалолов<sup>1,а)</sup>, Б.О. Исомиддинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский государственный транспортный университет

<sup>2</sup>Бухарский государственный университет

<sup>а)</sup> o\_jalolov@mail.ru

Настоящая работа посвящена нахождением в явном виде оптимальных коэффициентов квадратурных формул в пространстве Хёрмандера  $H_2^\mu(R)$  при  $m=2$ .

**Определение 1.** Пространство  $H_2^\mu(R)$  определяется как замыкание бесконечно дифференцируемых функции заданных в  $R$  и убывающих на бесконечность быстрее любой отрицательной степени в норме (см.[1]).

$$\|f(x)|_{H_2^\mu(R)}\| \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \left| F^{-1}[(1+y^2)^{\frac{m}{2}}] \cdot F[f(x)](y) \right|^2 dx \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Здесь  $F$  и  $F^{-1}$  прямое и обратное преобразование Фурье :

$$F[f(x)](y) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{2\pi i y x} dx \text{ и } F^{-1}[f(x)](y) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)e^{-2\pi i y x} dx$$

Рассмотрим квадратурную формулу вида

$$\int_0^1 f(x) dx \approx \sum_{\beta=0}^N c_\beta f(x_\beta), \quad (1)$$

с функционалом погрешности

$$\ell(x) = \varepsilon_{[0,1]}(x) - \sum_{\beta=0}^N c_\beta \delta(x - x_\beta), \quad (2)$$

где  $\varepsilon_{[0,1]}(x)$  - индикатор области  $[0,1]$ . Для нахождения нормы функционала погрешности (2) в пространстве  $H_2^\mu(R)$  используется его экстремальная функция .

**Определение 2.** Функция  $\psi_\ell(x)$  называется экстремальной функцией функционала  $\ell_N(x)$ , если  $(\ell_N(x), \psi_\ell(x)) = \|\ell_N|_{H_2^{\mu*}(R)}\| \cdot \|\psi_\ell|_{H_2^\mu(R)}\|$ .

Справедлива следующие

**Теорема 1.** Функция  $u_h^m(h\beta)$  имеет вид:

$$u_h^m(h\beta) = \begin{cases} f_m[\beta], & \text{при } h\beta \in [0,1]; \\ \sum_{\alpha=0}^N c_\alpha v_m(h\alpha - h\beta), & \text{при } h\beta \notin [0,1]. \end{cases} \quad (3)$$

**Теорема 2.** Оптимальные коэффициенты квадратурных формул (1) который минимизирует норму функционала погрешности (2) с равно расположенными узлами в пространстве  $H_2^\mu(R)$  при  $m=2$  имеют следующий вид

$$C[\beta] = \rho \left\{ k_1 - k_2 \begin{cases} (1 + \lambda_1^N), & \beta = 0 \\ (\lambda_1^\beta + \lambda_1^{N-\beta}), & \beta = \overline{1, N-1} \\ (\lambda_1^N + 1), & \beta = N \end{cases} \right\}, \quad (4)$$

где

$$k_1 = \left[ d + 2(1 + A_1) \right] + 2 \frac{A_1 \lambda_1}{1 - \lambda_1} \quad \text{и} \quad k_2 = A_1 \left( M - \frac{1 - (1 + \pi) e^{-2\pi}}{2(e^{2\pi h} - \lambda_1)} \right),$$

$$M = \left\{ \frac{1}{2} \left\{ 2 \frac{1}{1 - \lambda_1} - \frac{e^{-2\pi}}{e^{2\pi h} - \lambda_1} \left[ 1 + \pi + \frac{\pi h e^{2\pi h}}{e^{2\pi h} - \lambda_1} \right] + \frac{e^{2\pi h}}{1 - \lambda_1 e^{2\pi h}} \left[ \frac{\pi h}{1 - \lambda_1 e^{2\pi h}} - 1 \right] \right\} \right\}$$

$$A_1 = \frac{\lambda_1^4 - 4ch2\pi h \lambda_1^3 + 2(1 + 2ch^2 2\pi h) \lambda_1^2 - 4ch2\pi h \lambda_1 + 1}{\lambda_1^2 - 1},$$

$$\lambda_1 = \frac{(2\pi h - sh2\pi hch2\pi h) - \sqrt{(1 - ch^2 2\pi h)(4\pi^2 h^2 - sh^2 2\pi h)}}{2\pi hch2\pi h - sh2\pi h},$$

$$\rho = \frac{2}{\pi(2\pi hch2\pi h - sh2\pi h)},$$

$$d = 2 \left( \frac{2\pi h - sh2\pi hch2\pi h}{2\pi hch2\pi h - sh2\pi h} - 4ch2\pi h \right) + \frac{A_1}{\lambda_1}$$

$|\lambda_1| < 1$  и  $h$  - малый параметр.

## Литературы

1. С.Л.Соболев. Введение в теорию кубатурных формул, М: Наука, 1974, 808с.
2. Ikrom I. Jalolov. "The algorithm for constructing a differential operator of 2nd order and finding a fundamental solution. AIP Conference Proceedings 2365, 020015 (2021), <https://doi.org/10.1063/5.0057025>.
3. Ikrom I. Jalolov. "Algorithm for constructing a discrete analogue  $D_4[\beta]$  of a differential operator". AIP Conference Proceedings 2781, 020041 (2023), <https://doi.org/10.1063/5.0144834>.
4. Kholmat Shadimetov, Ikrom Jalolov. A Representation of the Optimal Quadrature Formula in the Hörmander Space  $H_2^\mu(R)$ . AIP Conference Proceedings 3004, 060048 (2024), <https://doi.org/10.1063/5.0199860>.

## MODEL OF ANOMALIOUS FILTRATION OF LIQUID IN A ONE-DIMENSIONAL HOMOGENEOUS POROUS MEDIUM

Khuzhayorov B.Kh.<sup>1,2</sup>, Dzhiyanov T.O.<sup>1</sup>, Akramov Sh.B.<sup>1</sup>, Tovboyev J.M.<sup>1</sup>

This paper examines the anomalous filtration of a homogeneous liquid in a homogeneous porous medium. A mathematical model of anomalous filtration is developed using the apparatus of fractional differentiation. In a finite one-dimensional medium a problem with an exponential boundary condition is considered. The influence of the anomaly on the distribution of the pressure field and filtration velocity was assessed.

The anomalous filtration law is taken in the form [1,2]

$$\vec{v} = -\frac{k_f}{\mu} \nabla \left( \frac{\partial^\alpha p}{\partial t^\alpha} \right), \quad (1)$$

where  $\vec{v}$  is the filtration velocity vector,  $k_f$  is pseudo-permeability, i.e. fractal permeability with dimension  $L^2 T^\alpha$ ,  $L$  is length dimension,  $T$  is time dimension,  $\mu$  is fluid viscosity,  $\alpha$  ( $0 < \alpha \leq 1$ ) is derivative order,  $\nabla$  is Hamilton operator,  $p$  is pressure,  $t$  is time.

For homogeneous porous media, the piezoconductivity equation based on (1) is written as

$$\frac{\partial p}{\partial t} = \chi \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left( \frac{\partial^\alpha p}{\partial t^\alpha} \right), \quad (2)$$

where  $\chi = \frac{k_f}{\mu \beta^*}$  is the piezoconductivity coefficient,  $\beta^*$  is the coefficient of elastocapacity of the medium.

For this equation it is enough to set one initial and two boundary conditions, for example for the finite segment  $[0, L_{med}]$ :

$$p(0, x) = p_0 = const, \quad (3)$$

$$p(t, 0) = p_c(1 - \exp(-\omega t)), \quad p(t, L_{med}) = 0, \quad \omega = const, \quad (4)$$

where  $L_{med}$  is the length of the medium.

Equation (2) under conditions (3)–(4) is solved by the finite difference method [3]. To do this, in the domain  $\{0 \leq t \leq T_{max}, 0 \leq x \leq L_{med}\}$  we introduce a grid

$\bar{\omega}_h = \left\{ x_i = i \cdot h, i = 0, 2, \dots, N, h = \frac{L_{med}}{N} \right\}$ ,  $\bar{\omega}_\tau = \left\{ t_j = j \cdot \tau, j = 0, 1, 2, \dots, M, \tau = \frac{T_{max}}{M} \right\}$ , where  $h$  is

the grid step in the direction  $x$ ,  $\tau$  is the grid step in time. From these two grids we will construct  $\bar{\omega} = \bar{\omega}_h \times \bar{\omega}_\tau$  – a two-dimensional grid. Its nodes consist of dots  $(x_i, t_j)$ ,  $i = \overline{0, N}$ ;  $j = \overline{0, M}$ . We denote the grid function for pressure by  $p_i^j$ ,  $i = \overline{0, N}$ ;  $j = \overline{0, M}$ .

On this grid, equation (2) is approximated as

$$\begin{aligned} \frac{p_i^{j+1} - p_i^j}{\tau} = & \chi \left[ \frac{1}{\Gamma(2-\alpha)\tau^\alpha} \cdot \left( \sum_{k=0}^{j-1} \frac{p_{i+1}^{k+1} - p_{i+1}^k}{h^2} \cdot ((j-k+1)^{1-\alpha} - (j-k)^{1-\alpha}) + \frac{p_{i+1}^{j+1} - p_{i+1}^j}{h^2} \right) - \right. \\ & \left. - \frac{2}{\Gamma(2-\alpha)\tau^\alpha} \cdot \left( \sum_{k=0}^{j-1} \frac{p_i^{k+1} - p_i^k}{h^2} \cdot ((j-k+1)^{1-\alpha} - (j-k)^{1-\alpha}) + \frac{p_i^{j+1} - p_i^j}{h^2} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{1}{\Gamma(2-\alpha)\tau^\alpha} \cdot \left( \sum_{k=0}^{j-1} \frac{p_{i-1}^{k+1} - p_{i-1}^k}{h^2} \cdot ((j-k+1)^{1-\alpha} - (j-k)^{1-\alpha}) + \frac{p_{i-1}^{j+1} - p_{i-1}^j}{h^2} \right) \right], \quad (5) \end{aligned}$$

$$i = \overline{1, N-1}; j = \overline{0, M-1},$$

where  $\Gamma(\cdot)$  is the gamma function.

We introduce the following notations

$$S_{p1} = \sum_{k=0}^{j-1} (p_{i+1}^{k+1} - p_{i+1}^k) \cdot ((j-k+1)^{1-\alpha} - (j-k)^{1-\alpha}), \quad (6)$$

$$S_{p2} = \sum_{k=0}^{j-1} (p_i^{k+1} - p_i^k) \cdot ((j-k+1)^{1-\alpha} - (j-k)^{1-\alpha}), \quad (7)$$

$$S_{p3} = \sum_{k=0}^{j-1} (p_{i-1}^{k+1} - p_{i-1}^k) \cdot ((j-k+1)^{1-\alpha} - (j-k)^{1-\alpha}), \quad (8)$$

$$k_p = \frac{1}{\Gamma(2-\alpha)\tau^\alpha h^2}. \quad (9)$$

Substituting the above notations into equation (5) we get

$$\frac{p_i^{j+1} - p_i^j}{\tau} = \chi \left[ k_p (S_{p1} + p_{i+1}^{j+1} - p_{i+1}^j) - 2k_p (S_{p2} + p_i^{j+1} - p_i^j) + k_p (S_{p3} + p_{i-1}^{j+1} - p_{i-1}^j) \right]. \quad (10)$$

Equation (10) takes the following form

$$Ap_{i+1}^{j+1} - Bp_i^{j+1} + Cp_{i-1}^{j+1} = -F_i^j, \quad i = \overline{0, N}, \quad j = \overline{0, M}, \quad (11)$$

where

$$A = \chi\tau k_p; \quad B = 2\chi\tau k_p + 1; \quad C = \chi\tau k_p; \\ F_i^j = \left( p_i^j - \chi\tau k_p (2p_i^j - p_{i+1}^j + S_{p1} - 2S_{p2} + S_{p3} - p_{i-1}^j) \right).$$

The system of linear algebraic equations (11) is solved by using the Tomas' algorithm. The initial condition is approximated as

$$p_i^0 = p_0, \quad i = \overline{0, N}. \quad (12)$$

Boundary conditions (4) in difference form are written as

$$p_0^{j+1} = p_c \left( 1 - e^{-\omega(j+1)\tau} \right), \quad p_N^{j+1} = 0, \quad j = 0, 1, \dots \quad (13)$$

We use the following relation

$$p_i^{j+1} = \delta_{i+1} \cdot p_{i+1}^{j+1} + \eta_{i+1}, \quad (14)$$

where  $\delta_{i+1}, \eta_{i+1}$  are the coefficients.

Using (14) from (11) we obtain the following recurrent formulae for determining the coefficients  $\delta_{i+1}, \eta_{i+1}$

$$\delta_{i+1} = \frac{C}{B - A \cdot \alpha_i}, \quad \eta_{i+1} = \frac{F + A \cdot \beta_i}{B - A \cdot \alpha_i}. \quad (15)$$

The initial values of the coefficients  $\delta_{i+1}, \eta_{i+1}$  are determined based on conditions

$$(13): \delta_1 = 0, \quad \eta_1 = p_c \left( 1 - e^{-\omega(j+1)\tau} \right).$$

Note that sufficient stability conditions for applying the Tomas' algorithm to equations (11) are satisfied.

Some results for pressure and filtration velocity for two values of  $\alpha$  are shown in Fig 1-4.



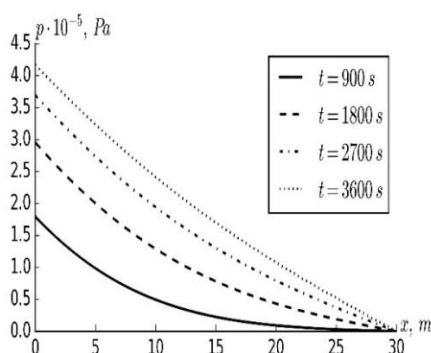


Fig 1. Pressure profiles at  $\alpha = 0$

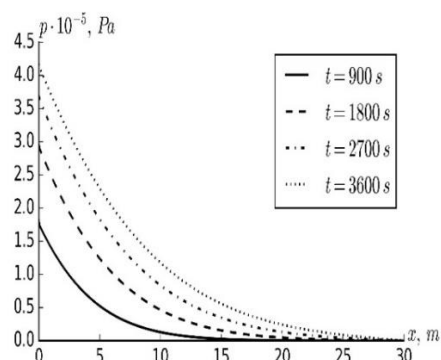


Fig 2. Pressure profiles at  $\alpha = 0.2$

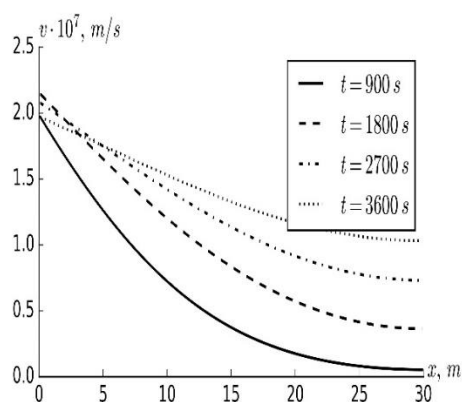


Fig 3. Filtration velocity profiles  
at  $\alpha = 0$ .

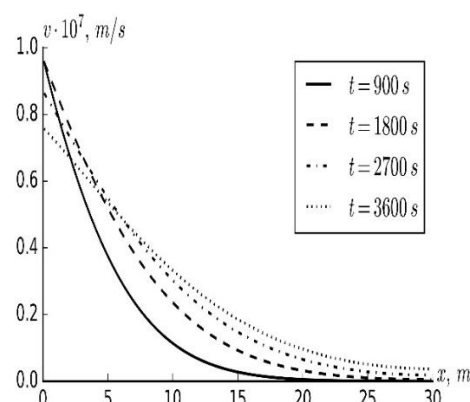


Fig 4. Filtration velocity profiles  
at  $\alpha = 0.2$ .

It is clear from the figures that an increase in the order of the local fractional derivative  $\alpha$  in Darcy's law leads to a slowdown in the development of pressure distribution and filtration velocity in the medium. Moreover, the larger  $\alpha$ , the stronger the slowdown effects.

## References

1. Caputo M. Diffusion of fluids in porous media with memory // *Geothermics*. 1999. 28, 113-130.
2. Hossain M. E., Liu L., M. Rafiqul Islam. Inclusion of the Memory Function in Describing the Flow of Shear-Thinning Fluids in Porous Media // *International Journal of Engineering (IJE)*, 2009. Volume (3): Issue (5), 458-477
3. Samarsky A.A. *Theory of difference schemes*. - M.: Science. 1989. – 616 p.

## OSHQOZON YARASINING YUZASINI INTEGRAL YORDAMIDA HISOBLASH USULLARI VA ALGORITMLARI

Baxromov S<sup>1,a)</sup>, Ibragimov S<sup>2,b)</sup>, Yuldashev M<sup>3,c)</sup>, Karimov A<sup>3,d)</sup>

<sup>1</sup>O'zbekiston milliy universiteti

<sup>2</sup>Andijon mashinasozlik instituti,

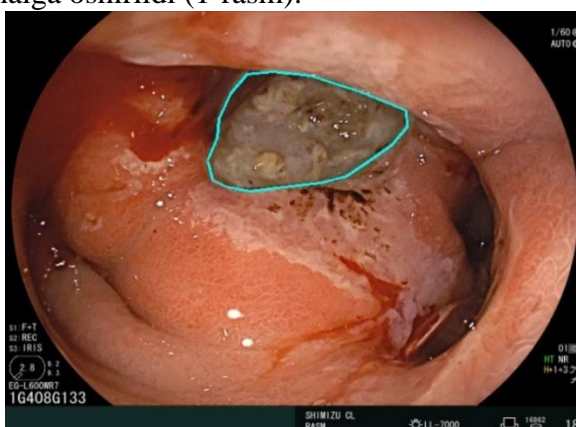
<sup>3</sup>Andijon davlat universiteti KI kafedrasi assistenti

Author Emails

a) baxromovsayfiddin@gmail.com

Bugungi kunda biomeditsina signallariga raqamli ishlov berish bo'yicha keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bizga ma'lumki, hozirgi kunda oshqozon-ichak kasalliklari bilan tashxis qo'yilgan bemorlar soni ko'pchilikni tashkil etadi. Ayniqsa, oshqozon

shilliq qavatining o‘zgarishi ya’ni oshqozon yarasini ko‘payganini ta’kidlashimiz mumkin. Bunday holatda oshqozonning himoya qoplamasi yo‘qolib, eroziya boshlanadi va davolanmaydigan trofik kasallik paydo bo‘ladi [4-5]. Faqat o‘ta og‘ir holatlarda jarrohlik amaliyoti amalga oshiriladi. Shu boisdan yaraning yuzasiga, joylashuviga qarab kasallikka tashxis qo‘yish bir qancha qiyinchiliklar paydo bo‘ladi. Endoskopik apparatlar yordamida oshqozon yarasining tasvirini olish imkoniyati mavjud. Ammo uning yuzasini aniqlashda mutaxassis shifokor ko‘p holatlarda taxminlarga asoslangan holda tashxislaydi. Hozirda ko‘p bemorlarda kasallikka aniq tashxis qo‘yilmaganligi yoki ayrim shifokorning tajribasizligi sababli, kasallik og‘ir darajasiga tushib qolishiga buning natijasida esa jarrohlik amaliyotini o‘tkazilishiga sabab bo‘lmoqda [1], [5]. Bunday holatlarni oldini olish uchun zamonaviy tibbiy apparatlar yordamida, endoskopik usulda oshqozonda mavjud yaraning tasvirini kasallangan soha yuzasini aniqlash maqsadida tadqiqot olib borildi. Biz tadqiqot davomida oshqozonda joylashgan yaraning tasvirini FUJIFILM VP-7000 va FUJIFILM LL-7000 apparati yordamida olindi. Gastroenterolog shifokor yordamida kasallik belgilari mavjud sohani aniqlash va ajratib olish uchun algoritim ishlab chiqildi. Oshqozonda joylashgan yaraning chegaralarini aniqlandi hamda ajratib olishni amalga oshirildi (1-rasm).



1-rasm. Oshqozon yarasini ajratib olish jarayoni.

Ishlab chiqilgan algoritim yordamida ajratilgan sohaning koordinatalari aniqlanadi (1-jadval).

1-jadval.

Kasallik mavjud sohaning koordinatalari

| No    | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |  |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| $y_i$ | 188 | 165 | 133 | 121 | 103 | 88  | 124 |  |
| $x_i$ | 223 | 230 | 233 | 255 | 271 | 294 | 444 |  |
| $y_j$ | 188 | 217 | 212 | 209 | 191 | 163 | 124 |  |
| $x_j$ | 223 | 255 | 303 | 355 | 393 | 419 | 444 |  |

Aniqlangan koordinata qiymatlari yordamida belgilangan sohani yuzini hisoblash uchun quyida bir nechta usullarni kertiramiz:

•Integral yordamida yuzani taqribiy hisoblashning to‘g‘ri to‘rburchak (1) formulasidan foydalanib, hisoblangan tepa soha yuzasidan pastki soha yuzini ayrib natija aniqlash mumkin [2].

$$S_1 = \sum_i^n \left( \int_{y_i}^{y_{i+1}} f_1(x) dx = \frac{y_{i+1} - y_i}{n} \sum (y_1)_n - \int_{y_i}^{y_{i+1}} f_2(x) dx = \frac{y_{i+1} - y_i}{n} \sum (y_2)_n \right) \quad (1)$$

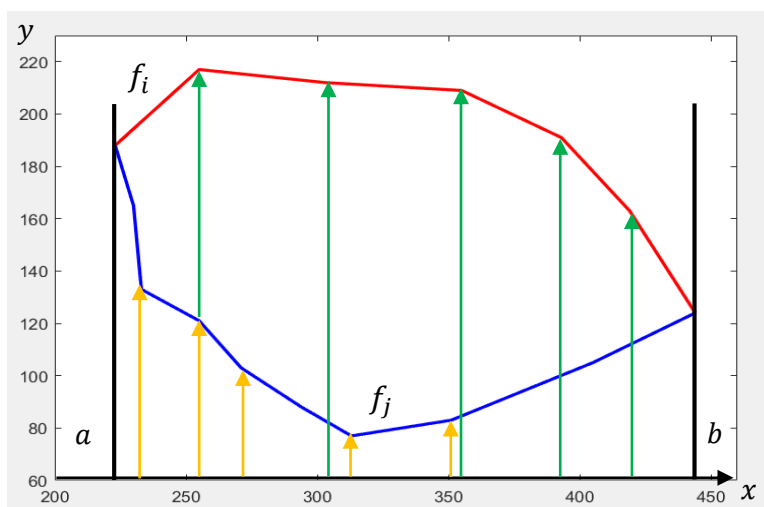
bu erda  $n$  – soni qanchalik katta bo‘lsa, integralni to‘g‘ri to‘rtburchaklar formulasi yordamida hisoblashdagi hatolik shunchalik kam bo‘ladi. Biz aniqlab olgan qiymatlar aniq bir qonuniyatga bo‘ysunmaganligi sababli, dastlab aniqlab olingan qiymatlaridan o‘tuvchi  $f_1(x)$  va  $f_2(x)$  funksiyalarni qurishni talab etadi.

• Aniqlangan nuqtalar aniq bir qonuniyatga bo‘ysunmaganligi sababli, biz tadqiqot davomida trapetsiya usuli yordamida yuzani hisoblashni ko‘rib chiqishni taklif qildik. Quyidagi (2) formula yordamida yuzani hisoblashni amalga oshirdik [2].

$$S = \sum_{i=0}^n \frac{y_i + y_{i+1}}{2} (x_{i+1} - x_i) - \sum_{j=0}^m \frac{y_j + y_{j+1}}{2} (x_{j+1} - x_j), \quad (2)$$

bu erda  $f_i$  – yuqori nuqtalar qiymatlari,  $f_j$  – pastki nuqtalar qiymatlari.

Yuqorida keltirilgan (2) formula yordamida ajratib olingan soha yuzasini hisoblaymiz (3-rasm).



3-rasm. Yuzani hisoblash grafigi

(1) va (2) formulalar yordamida 1-jadvaldan foydalangan holda kasallik mavjud sohaning yuzasini hisoblashni amalga oshiramiz (2-jadval).

2-jadval.

| Usul nomi            | Yuqori yuza (S1) | Pastki yuza (S2) | Umumiy yuza (S) |
|----------------------|------------------|------------------|-----------------|
| Trapetsiya           | 43511            | 22614            | 20897           |
| To‘g‘ri to‘rtburchak | 42941            | 22462            | 20479           |
| Aniqlik qiymati      | 570              | 152              | 418             |

Hisoblangan  $S$  yuza, 2-rasmda kesib olingan sohadagi piksellar sonini anglatadi. Tasvirni har 10 pikselini 1 mm ga tengligini hisobga olsak,  $S = 2.0897 \text{ sm}^2$  ni tashkil etadi.

### Xulosa

Hozirgi kunda biomeditsina signallariga raqamli ishlov berish va kasalliklarni oldindan tashxislash muhim sanaladi. Yuqorida (1) va (2) formulalar yordamida aniqlangan soha yuzasini hisoblash 2-jadvaldagi natijalarga e‘tibor bersak, tibbiyot sohasida inson sog‘lig‘ini yaxshilash uchun millimetr ham juda katta samaradorlikka ega hisoblanadi. Tadqiqot davomida oshqozon yarasining yuzasini integral hisoblashning trapetsiya usuli samarali ekanligini ko‘rsatildi va 2-jadval yordamida batafsil asoslandi. Natijaga ko‘ra, taklif etilgan usul yordamida  $0.418 \text{ sm}^2$  aniqlikda yuzani hisoblash imkonini berdi. Bu albatta shifokorlarni bemorlarga to‘g‘ri tashxis qo‘yishida yordam beradi.

## Adabiyotlar

1. Zaynidinov X.N., Baxromov S.A., Azimov B.R. Biomeditsina signallarni interpolatsion kubik splayn modellarini qurish. Muhammad al-Xorazmiy avlodlari jurnali, № 4 (10), dekabr 2019, B. 14-17.
2. Isroilov M.I., Hisoblash metodlari. №1, 1988. Toshkent. – B. 45-52.
3. Зайнидинов Х.Н., Азимов Б.Р., Абдуғаниев М.М. - Функцияларни тиклашда бўлак-полиномиал усуллар тахлили. Academic Research In Educational Sciences Scientific Journal Volume 3, Issue 5, ISSN: 2181-1385 Doi: 10.24412/2181-1385-2022-5-1092-1101.
4. Ciesek S. and Manns M.P. Hepatitis in 2010: the dawn of a new era in HCV therapy. Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology 2011;8:69-71.
5. Everhart J.E., et al. Weight-related effects on disease progression in the hepatitis C antiviral long-term treatment against cirrhosis trial. Gastroenterology 2009;137:549-557.

## ГЕОФИЗИК СИГНАЛЛАРНИ ТИКЛАШДА БИРИНЧИ ТАРТИБЛИ СПЛАЙН ФУНКЦИЯЛАРНИ ҚЎЛЛАНИЛИШИ

Юлдашев М<sup>1,a)</sup>, Каримов А<sup>2,b)</sup>, Қурбонов Н<sup>2,c)</sup>, Собиров А<sup>3,d)</sup>

<sup>1</sup>Андижон давлат университети

<sup>2</sup>Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети

<sup>3</sup>Андижон давлат университети

Author Emails

<sup>c)</sup>qurbonovnazriddin@gmail.com

Дунёда тез ривожланаётган ахборот-коммуникацион технологияларида аниқланган сигналларни тиклаш, рақамли ишлов бериш алгоритмларидан фойдаланиш ва оптимал ечимларни топиш учун юқори унумли, самарали ҳисоблаш усулларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этмоқда. Жумладан локал сплайн функцияларни қуришда ҳисоблар сонининг камлиги, юқори аниқлик даражаси, рақамли ишлов бериш алгоритмларининг мослашувчанлиги, оптимал дифференциал ва экстремал хоссалари, параметрларни ҳисоблашнинг соддалиги туфайли сигналларни рақамли ишлаш алгоритмларини яратишда муҳим математик восита ҳисобланади [3]. Қуйида бир нечта локал сплайн функцияларини қурилишини келтириб ўтамиз ва геофизик сигналларнинг бошланғич қийматларига рақамли ишлов беришни кўриб чиқамиз.

Икки ўзгарувчили сплайн функциясининг қурилиши қуйидаги тарзда амалга оширилади [1]-[3], [5], [6].

Берилган  $D=[a,b] \times [c,d]$  майдонда қуриш учун бу бўшлиқларни  $OX$  ўқи бўйича  $N$  тенг қисмга,  $OY$  ўқи бўйича тенг қисмларга ажратамиз ва бир хил ўлчамдаги тўрни қурамиз.

$$\Delta = \Delta_x \times \Delta_y.$$

$$\Delta_x: a = x_0 < x_1 < \dots < x_N = b, \Delta_y: c = y_0 < y_1 < \dots < y_M = d.$$

бу ерда  $h$  ва  $l$  кадамлар қуйидагича танланади

$$h = x_{i+1} - x_i, i = 0, 1, \dots, N - 1; \quad l = y_{j+1} - y_j, j = 0, 1, \dots, M - 1.$$

Келинг, қуйидаги катакчани кўриб чиқайлик:

$$\Delta^* = \Delta_x^* \times \Delta_y^*$$

$$\Delta_x^*: x_{-1} < x_0 < x_1 < \dots < x_N < x_{N+1}, \Delta_y^*: y_{-1} < y_0 < y_1 < \dots < y_M < y_{M+1}.$$

Шунда  $D^* = [a - h, b + h] \times [c - l, d + l]$  соҳаси тегишли бўлган  $D^*$  - ўрнинг тугун нуқталаридаги функция қийматларини биламиз  $\Delta^*$  тегишли, яъни:

$$f(x_i, y_j) = f_{ij}, \quad i = -1, 0, 1, \dots, N, N + 1; \quad j = -1, 0, 1, \dots, M, M + 1.$$

Юқоридаги қийматлар асосида  $D$  - майдонда  $f(x,y)$  - функцияни интерполяция қилувчи биринчи тартибли локал сплайн функцияси қурилади [1], [4].

Интерполяция қилувчи локал сплайн функциясида бири  $S_{1,1}(x, y)$   $f(x, y)$  функцияни қийматлар орасидаги  $f_{ij}$  локал  $[x_i, x_{i+1}] \times [y_j, y_{j+1}]$  интерполяция қилиш функция қийматлари ёрдамида тузилади қуйидаги тугунлардан ўтади:

$$(x_i, y_j), (x_i, y_{j+1}), \\ (x_{i+1}, y_j), (x_{i+1}, y_{j+1}).$$

Шуни таъкидлаш керакки,  $S_{1,1}(x, y)$  сплайн ўзгарувчилардан бирининг собит доимий қиймати учун қурилган, бошқа ўзгарувчига нисбатан биринчи тартибли локал сплайндир. Бу ерда,  $x$  белгиланган, яъни да  $x = x_i$ , биринчи тартибли локал сплайн функцияси  $S_{1,1}(x, y)$  қуйидаги шаклга эга:

$$S_{1,1}(x, y) = c_{ij} + a_{ij}x + b_{ij}y + d_{ij}xy$$

ва қуйидаги шартларни қондиради

$$S_{1,1}(x_i, y_j) = f_{ij}, \quad i = 0, 1, \dots, N; \quad j = 0, 1, \dots, M. \quad (1)$$

$S_{1,1}(x, y)$  ни қуриш алгоритмини кўриб чиқамиз.  $x, y$   $S_{1,1}(x, y)$  ўзгарувчилардан бирининг ўзгармас қиймати учун бошқа ўзгарувчига нисбатан биринчи даражали локал сплайн бўлгани учун (2) формуладан фойдаланамиз:

$$S_1(x) = f_i \frac{x_{i+1} - x}{h_i} + f_{i+1} \frac{x - x_i}{h_i}, \quad (2)$$

$$S_{1,1}(x, y_q) = (1 - t)f_{i,q} + tf_{i+1,q}, \quad q = j, j + 1, \quad (3)$$

бу ерда,  $t = \frac{x - x_i}{h_i}$ ,  $h_i = x_{i+1} - x_i$ . Юқорида топилган  $S_{1,1}(x, y_j)$  ва  $S_{1,1}(x, y_{j+1})$  формулаларини интерполяция қилиб, қуйидаги (4) формулани ҳосил қиламиз:

$$S_{1,1}(x, y) = (1 - u)S_{1,1}(x, y_j) + uS_{1,1}(x, y_{j+1}), \quad (4)$$

бу ерда,  $u = \frac{y - y_j}{l}$ ,  $l = y_{j+1} - y_j$ .

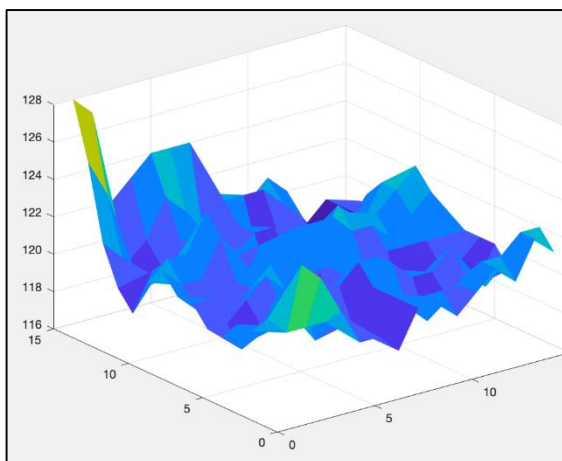
(3) ва (4) формулалардан фойдаланган ҳолда (5) формулани ҳосил қиламиз:

$$\begin{aligned} S_{1,1}(x, y) &= (1 - u)[(1 - t)f_{i,j} + tf_{i+1,j}] + u[(1 - t)f_{i,j+1} + tf_{i+1,j+1}] = \\ &= f_{i,j} - t(f_{i,j} - f_{i+1,j}) - u[f_{i,j} - t(f_{i,j} - f_{i+1,j})] + \\ &\quad + u[f_{i,j+1} - t(f_{i,j+1} - f_{i+1,j+1})] = \\ &= f_{i,j} - t(f_{i,j} - f_{i+1,j}) - u[f_{i,j} - t(f_{i,j} - f_{i+1,j}) - \\ &\quad - (f_{i,j+1} - t(f_{i,j+1} - f_{i+1,j+1}))]. \end{aligned} \quad (5)$$

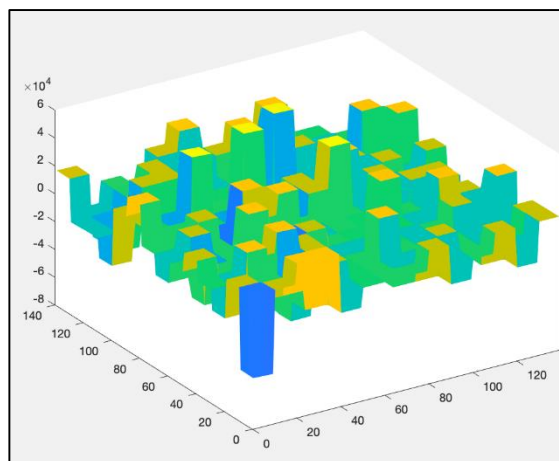
$S_{1,1}(x, y)$  сплайн ягона эканлигини кўриш мумкин ва  $(x, y)$  нуқтадаги сплайнни ҳисоблаш қуйидагича ташкил қилинади: аввал  $h_i, l_j, t, u$  ни ҳисоблаймиз. Ҳисоблашни осонлаштириш мақсадида (5) формулага қуйидагича белгилаш киритиб оламиз. Натижада икки ўзгарувчили биринчи тартибли локал сплайн функцияси ҳосил бўлади [4]-[5] (6).

$$\begin{aligned} A &= f_{i,j} + t(f_{i+1,j} - f_{i,j}), \\ B &= f_{i,j+1} + t(f_{i+1,j+1} - f_{i,j+1}) \\ S_{1,1}(x, y) &= A - u(B - A) \end{aligned} \quad (6)$$

Кўриб чиқилган локал сплайн моделидан фойдаланиб, геофизик сигнални тиклаш кўриб чиқилди. Юқоридаги кетма-кетлик асосида MATLAB дастурий муҳитида биринчи тартибли локал сплайн қуриш дастури ишлаб чиқилди ва геофизик сигналларни тиклашда фойдаланилди [3] (1,2-расм).



1-расм. Геофизик майдондан олинган сигналнинг график тасвири



2-расм. Икки ўзгарувчилик биринчи тартибли локал сплайн функцияси ёрдамида рақамли ишлаш натижаси

Келтирилган қийматлар асосида геофизик сигнал тасвирланган (1-расм). Иккинчи расмда икки ўзгарувчилик биринчи тартибли локал сплайн функцияси (2-расм) ёрдамида рақамли ишлаш натижалари тасвирланган. Тасвирлардан кўришимиз мумкинки, икки ўзгарувчилик биринчи тартибли сплайн функцияси геофизик сигналларни рақамли ишлашда аниқлиги юқори эмаслиги кўринади.

#### Хулоса

Геофизик сигналларни тиклашда икки ўзгарувчилик локал сплайн функцияси ёрдамида интерполяция жараёни амалга оширилди. Геофизик сигналларнинг хоссалари ўрганилиб, ернинг электромагнит ва тортишиш майдонларидаги аномал ўзгаришлар, ионосферадаги аномал ўзгаришлар, сейсмик шароит (шумлар), турли акустик тебранишлар геофизик сигналларни тиклашда ва уларни рақамли ишлаш орқали кўрсаткич сифатини яхшилашда фойдаланиш мумкин эмаслиги кўриб чиқилди.

#### Адабиётлар рўйхати

1. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн-функций. Москва: Наука, 1980. - 352 с.
2. Зайниддинов Х.Н. Методы и средства обработки сигналов в кусочно полиномиальных базисах. 2015, Тошкент. - С. 29-40.
3. Hakimjon, Z., & Bunyod, A. (2019). Biomedical signals interpolation spline models. In International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2019. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICISCT47635.2019.9011926>.
4. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. Москва: Мир, 1972. – 316 с.
5. Стечкин С.Б., Субботин Ю.Н. Сплайны в вычислительной математике. Москва, Наука, 1976. – 248 с.
6. Пашаев С.О, Садыхов К.Т, Габибуллаев А.Е. Моделирование, восстановление и картирование геополей с учётом и без шумов измерений. Методы сплайнов, геостатистики нечёткого регрессионного анализа // Измерительная техника. №5, 2017. - С. 19-25.

## TENGMAS ORALIQLARDA QURILGAN LOKAL INTERPOLYATSION KUBIK SPLAYNLAR QURISH

Baxromov S.A<sup>1,a)</sup>, Choriyorov N.Q<sup>1,b)</sup>, Irisqulova R.I<sup>2,c)</sup>, Tursonov H.A<sup>3,d)</sup>

<sup>1</sup> Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti

Aniq berilgan dastlabki eksperimental ma'lumotlar asosida 2-ta umumiy nuqtalarga ega bo'lgan parabolik funksiyalarni qurish va bu qurilgan parabolik funksiyalarni chiziqli kombinatsiyalari asosida defekti 2 ga teng bo'lgan, tengmas oraliqlarda qurilgan lokal interpolyatsion kubik splayn funksiya quriladi.

Ushbu  $Y_i(x)$  va  $Y_{i+1}(x)$  parabolalarning qurilishini qaraymiz:

$$(x_{i-1}, y_{i-1}), (x_i, y_i), (x_{i+1}, y_{i+1}) \text{ va } (x_i, y_i), (x_{i+1}, y_{i+1}), (x_{i+2}, y_{i+2}) \quad (1)$$

nuqtalardan foydalib quyidagi 2 ta mos parabolalarning umumiy ko'rinishi hosil bo'ladi.

$$Y_i(t) = -0.5t(1-t)y_{i-1} + (1-t^2)y_i + 0.5t(1+t)y_{i+1} \quad (2)$$

$$Y_{i+1}(t) = 0.5(t^2 - 3t + 2)y_i - t(t-2)y_{i+1} - 0.5t(1-t)y_{i+2} \quad (3)$$

Yuqoridagi qurilgan  $Y_i(t)$  va  $Y_{i+1}(t)$  parabolalarning quyidagi chiziqli kombinatsiyasidan tengmas oraliqlarda qurilgan lokal interpolyatsion kubik splayn funksiya hosil qilinadi.

$$S_3(t) = \left(\frac{1}{4} + t\right)Y_i(t) + \left(\frac{3}{4} - t\right)Y_{i+1}(t) \quad (4)$$

(4) – tengmas oraliqlarda qurilgan lokal interpolyatsion kubik splayn bo'lishi uchun quyidagi interpolyatsiya sharti bajarilishi ya'ni  $S_3(x_i) = f(x_i)$ , natijasida  $[x_i; x_{i+1}]$  oraliq uchun tengmas oraliqlarda qurilgan lokal interpolyatsion kubik splayn funksiya hosil qilindi.

$Y_1(x)$ ,  $Y_2(x)$ ,  $Y_3(x)$ ,  $Y_4(x)$  –parabolalarning grafiklarini qurishda quyidagi

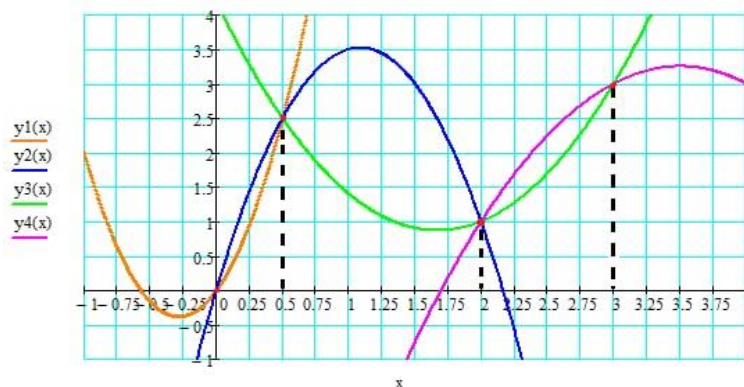
$$A(-1;2), B(0;0), C(0.5;0.25), E(2;1), D(3;3), F(5;1)$$

berilgan nuqtalardan foydalanilgan holda chizilgan.

1. Qaralayotgan  $Y_1(x)$ -parabola  $A(-1;2), B(0;0), C(0.5;0.25)$  - nuqtalardan o'tuvchi paraboladir.  $Y_2(x)$ -parabola  $B(0;0), C(0.5;0.25), E(2;1)$ -nuqtalardan o'tuvchi paraboladir.  $Y_3(x)$ -parabola  $C(0.5;0.25), E(2;1), D(3;3)$ -nuqtalardan o'tuvchi paraboladir.  $Y_4(x)$ -parabola  $E(2;1), D(3;3), F(5;1)$ -nuqtalardan o'tuvchi paraboladir.

$Y_1(x)$ ,  $Y_2(x)$ ,  $Y_3(x)$ ,  $Y_4(x)$ , parabolalarning grafiklarini chizish uchun MathCad matematik paketidan foydalanildi.

Yuqorida qaralgan parabolik funksiyalarni chiziqli kombinatsiyalari asosida defekti 2 ga teng bo'lgan, tengmas oraliqlarda qurilgan lokal interpolyatsion kubik splayn funksiya qurish.



1-rasm. Interpolyatsion kubik splayn

Yuqoridagi  $Y_1(x)$ ,  $Y_2(x)$ ,  $Y_3(x)$ ,  $Y_4(x)$  –parabolalarning chiziqli kombinatsiyasidan 3-darajali  $S_3(x)$  tengmas oraliqlarda qurilgan lokal interpolyatsion kubik splayn hosil bo'ladi. Endi

ushbu parabolalarni grafiklarini bitta Dekart koordinatalar sistemasida chizamiz. Bu erda har bir yonma-yon turgan parabolalar ikkitadan umumiy nuqtalarga ega bo‘ladi. Bu holatni parabolalarning grafiklaridan ham ko‘rish mumkin.

$Y_1(x)$ ,  $Y_2(x)$ ,  $Y_3(x)$ ,  $Y_4(x)$  larning ketma-ket yonma-yon turgan har ikkita parabolalarni ifodalarini (8) ga qo‘yib, 3-ta yonma-yon turgan oraliqlarda lokal interpolyatsion kubik splayn funksiyalar quriladi. Endi ushbu parabolalarni qurilishini har biri xususida to‘xtalib o‘tamiz.

$Y_1(x)$  va  $Y_2(x)$  – parabolalarning grafigidan  $x \in [0, 0.5]$  ekanligi kelib chiqadi va  $S_{3,1}(x)$  shu oraliqda quriladi. Bu erda  $x_0 = 0$  va  $x_1 = 0.5$  ga teng bo‘ladi.

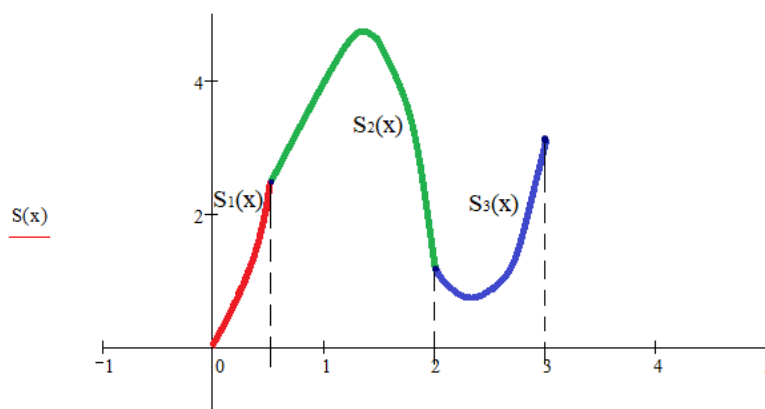
Yuqoridagi kabi  $Y_2(x)$  va  $Y_3(x)$  – parabolalarning grafigidan  $x \in [0.5, 2]$  da  $S_{3,2}(x)$ .  $x_1 = 0.5, x_2 = 2$ ,  $Y_3(x)$  va  $Y_4(x)$  – parabolalarning grafigidan  $x \in [2, 3]$   $S_{3,3}(x)$ .  $x_2 = 2, x_3 = 3$  tengmas oraliqlarda qurilgan lokal interpolyatsion kubik splayn funksiya qurildi.

$$S_{3(1)}(x) = \frac{23}{3}x^3 - \frac{59}{12}x^2 + \frac{133}{24}x; \quad x \in [0; 0,5]$$

$$S_{3(2)}(x) = \frac{213}{20}x^2 - \frac{21}{5}x^3 + \frac{223}{40}x + \frac{63}{20}; \quad x \in [0,5; 2].$$

$$S_{3(3)}(x) = \frac{11}{5}x^3 - \frac{229}{20}x^2 + \frac{349}{20}x - \frac{57}{10}; \quad x \in [2; 3]$$

Ushbu ishda qaralgan splaynlarning grafiklari quyidagi tasfirda o‘z aksini topgan.



2-rasm. Splaynlarning grafiklari

### Adabiyotlar ro‘yxati

1. Бахромов С.А., Азимов Б.Р. Лагранж интерполяцион моделини куриш ва сигналларга тадбиқи // «Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами». Тошкент, 2019. – Б. 320-321.
2. Бахромов С.А., Азимов Б.Р. Тенг ораликлар учун лагранж ва локал интерполяцион кубик сплайн моделларини куриш ва сигналларга тадбиқи // «Ахборот камуникация технологиялари ва дастурий таъминот яратишда иновацион ғоялар» номли Республика илмий-техник анжумани. Самарқанд, 2019. – Б. 55-57.
3. Бахромов С.А., Қобилов С.Ш. Моделирование геофизических сигналов с помощью интерполяционного сплайна высокого степени. “Innovatsion texnologiyalar: ilmiy g‘oyalar va ishlanmanalarni amaliyotga joriy etish masalalari va echimlari” mavzusidagi xalqaro qo‘shma ilmiy-amaliy konferensiya. Toshkent 2023.



# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРИБЛИЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ ПОЛИНОМИАЛЬНЫМИ СПЛАЙНАМИ

Бахромов С.А.<sup>1,a)</sup>, Кабилова О.А.<sup>1,b)</sup>, Азимова У.А.<sup>2,c)</sup>, Курбонов Ж.С.<sup>3,d)</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека

<sup>2</sup>Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада Аль-Хорезми.

<sup>3</sup>Магистр кафедры «Вычислительная математика и информационные системы».

Author Emails

<sup>a)</sup>baxromovsayfidin@gmail.com, <sup>b)</sup>o.axmadjonovna@gmail.com

Научный прогресс в области компьютерных систем и численных математических методов обработки сигналов ведёт к формированию новых подходов в деле анализа процессов дискретизации и восстановления непрерывной информации. В этом направлении широко применяется теория сплайн-функций [3].

Идея приближения табличных данных с помощью полиномиальных сплайнов и их применение в основном теории отсчетов сигналов, а также физических, технических и других научных направлений в последние десятилетия бурно развивалось. Поэтому задача приближения функций на базе общей теории сплайнов является актуальной. Впервые идею сглаживания табличных данных при помощи сплайнов, как и саму идею сплайнов, высказал И. Шёнберг (США) в 1946 г. [2]

Широкая популярность методов сплайн-аппроксимации объясняется тем, что они служат универсальным инструментом моделирования функций и по сравнению с другими математическими методами при равных с ними информационных и аппаратных затратах обеспечивают большую точность вычислений [1,6].

В целом развитие теории сплайнов идет по двум направлениям:

Интерполяционных сплайнов, удовлетворяющих системе определенных граничных условий и условий во внутренних точках областей.

Сглаживающих сплайнов, когда рассматриваются вопросы оптимизации различного рода функционалов.

В технических приложениях наиболее употребительными являются сплайны невысокой степени, в частности параболические и кубические. Процесс построения таких сплайнов значительно проще, чем процесс построения сплайнов более высокой степени. [1,6]

Локальный кубический сплайн Гребенникова, который на отрезке  $[x_i, x_{i+1}]$  имеет вид: [2,3,4]

$$S_3(f; x) = \sum_{j=0}^3 \phi_{j+1}(t) f(x_{i+j-1}). \quad (1)$$

$$\text{где: } \varphi_1(t) = \frac{1}{6}(1-t)^3, \quad \varphi_2(t) = \frac{1}{6}(4-6t^2+3t^3),$$

$$\varphi_3(t) = \frac{1}{6}(1+3t+3t^2-3t^3), \quad \varphi_4(t) = \frac{1}{6}t^3.$$

$$\text{здесь } t = (x - x_i)/h, \quad h = \frac{b-a}{N}, \quad N = 1, 2, 3, \dots$$

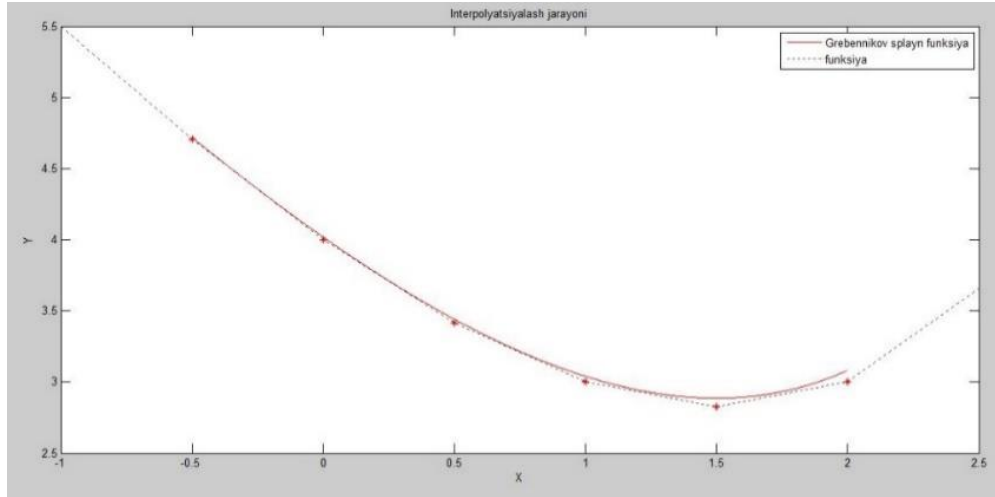
Далее этот сплайн будем обозначать  $GS_3(x)$ .

В качестве примера рассмотрим интерполяцию с помощью сплайна Гребенникова аналитически заданной функции  $f(x) = 2^x - 2x + 3$  на интервале  $[-0.5, 2]$ . В таблице 1 приведены результаты интерполяции этой функции.

Таблица 1.

| $x$  | $f(x)$ | $GS_3(x)$ | $ R_n(x) $ |
|------|--------|-----------|------------|
| -0,5 | 4.7071 | 4.7214    | 0.0143     |
| 0    | 4.0000 | 4.0332    | 0.0332     |
| 0,5  | 3.4142 | 3.4528    | 0.0386     |
| 1    | 3.0000 | 3.0463    | 0.0463     |
| 1,5  | 2.8284 | 2.8857    | 0.0573     |
| 2    | 3.0000 | 3.0727    | 0.0727     |

где:  $R_n(x) = GS_3(x) - f(x)$ .



$$S_3(f, x) = \sum_{k=1}^4 \varphi_k(t) f(x_{i+k-2})$$

Здесь  $\varphi_1(t) = \frac{11t^2}{12} - \frac{5t}{12} - \frac{t^3}{2}$ ,  $\varphi_2(t) = 1 - \frac{9t^2}{4} - \frac{t}{4} + \frac{3t^3}{2}$ ,  $\varphi_3(t) = \frac{7t^2}{4} + \frac{3t}{4} - \frac{3t^3}{2}$ ,

$$\varphi_4(t) = \frac{t^3}{2} - \frac{5t^2}{12} - \frac{t}{12}$$

$$t = (x - x_i)/h, \quad h = x_{i+1} - x_i, \quad x \in [x_i, x_{i+1}], \quad t \in [0, 1]$$

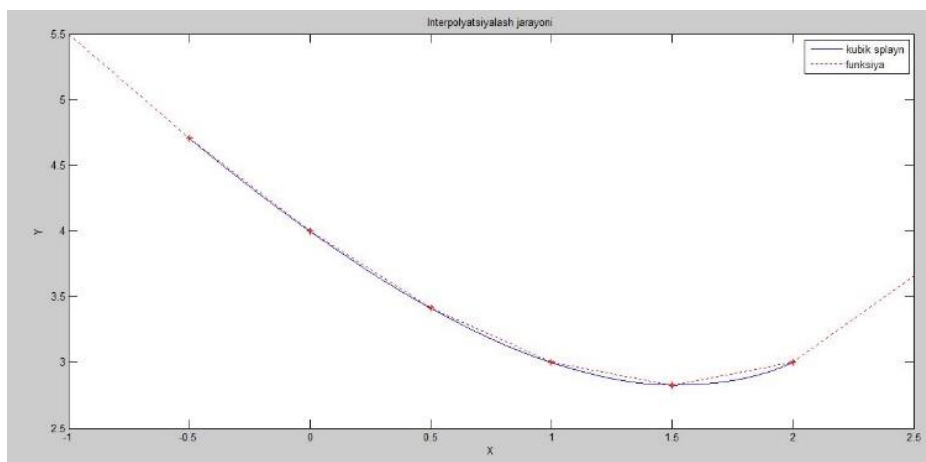
Далее этот сплайн будем обозначать  $LS_3(x)$ .

В качестве примера рассмотрим интерполяцию с помощью сплайна  $LS_3(x)$  аналитически заданной функции  $f(x) = 2^x - 2x + 3$  на интервале  $[-0.5, 2]$ . В таблице 3 приведены результаты интерполяции этой функции.

Таблица 3

| $x$  | $f(x)$ | $LS_3(x)$ | $ R_n(x) $ |
|------|--------|-----------|------------|
| -0,5 | 4.7071 | 4.7071    | 0,0001     |
| 0    | 4.0000 | 4.0000    | 0,0003     |
| 0,5  | 3.4142 | 3.4142    | 0,0006     |
| 1    | 3.0000 | 3.0000    | 0,0002     |
| 1,5  | 2.8284 | 2.8284    | 0,0004     |
| 2    | 3.0000 | 3.0000    | 0,0001     |

где:  $R_n(x) = LS_3(x) - f(x)$ .



Проведены численные эксперименты с использованием аналитически заданных функций. Результаты численных экспериментов показали, что локальный кубический сплайн обеспечивает самую высокую точность, относительные ошибки при приближении функций с помощью сплайна Гребенникова составляет 2,27%, а сплайн Л.И.С. 0,06%.

### Литература

1. Зайнидинов Х.Н. Методы моделирования высокопроизводительных вычислительных структур обработки многомерных сигналов в кусочно-полиномиальных базисах. Автореферат дисс. на соискание уч. степени доктора. техн. наук. Ташкент 2005 г., стр.34.
2. Исроилов М. Ҳисоблаш методлари. I қисм Т: Ўзбекистон, 2003.
3. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченлова Н.В. Вычислительные методы для инженеров. М.: Высшая школа, 1994.
4. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М: Наука, 1989.
5. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л. Методы сплайн – функций. М: Наука, 1980.
6. Зайнидинов Х.Н., Рахимов Б.С. Взаимосвязь между параметрами локальных сплайнов при их полиномиальной форме и представление в виде базисных функций. // Вестник ТГТУ, Ташкент. – 2003.

### ФУНКЦИЯЛАРНИ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ ҚИЛИШНИНГ ЛОКАЛ СПЛАЙН УСУЛИ

Қобилов С.Ш.<sup>1,a)</sup>, Хушвақтов Ж.Г.<sup>2,b)</sup>, Насриддинов Ж.И.<sup>3,c)</sup>, Тошмаматов Ҳ.Ҳ.<sup>4,d)</sup>

<sup>1</sup>Муҳаммад Ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети

<sup>2,3</sup>Мирзо Улугбек номидаги ЎзМУ талабалари

<sup>4</sup>Мирзо Улугбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети “Ҳисоблаш математикаси ва ахборот тизимлари” кафедраси магистранти.

Author Emails

<sup>d)</sup> toshmamatovhussi1617@gmail.com

Сигналларга рақамли ишлов бериш бугунги куннинг ривожланиб бораётган долзарб соҳаларидан бири ҳисобланади. Сигналларга рақамли ишлов беришда математик аппаратларни тўғри танлаш соҳа мутахассисларининг тўғри қарор қабул қилиш аниқлигини юқори бўлишлигига олиб келади. Хозирги даврда фан ва техниканинг ривожланишида сплайн функцияларнинг қўлланилиши долзарб масалалардан ҳисобланади. Сплайн функциялар классик интерполяцион кўпҳадларлардан яқинлашиш борасида бир қанча авзалликларга эга. Ушбу ишда локал интерполяцион сплайн функция орқали аналитик функцияларни интерполяция қилиш масаласини кўриб ўтамиз [2].

## 1. Локал интерполяцион кубик сплайн функция

$$S_3(f, x) = \sum_{k=1}^4 \varphi_k(t) f(x_{i+k-2})$$

Бу ерда

$$\varphi_1(t) = -\frac{1}{8}t + \frac{5}{8}t^2 - \frac{1}{2}t^3; \quad \varphi_2(t) = 1 - \frac{9}{8}t - \frac{11}{8}t^2 + \frac{3}{2}t^3;$$

$$\varphi_3(t) = \frac{13}{8}t + \frac{7}{8}t^2 - \frac{3}{2}t^3; \quad \varphi_4(t) = -\frac{3}{8}t - \frac{1}{8}t^2 + \frac{1}{2}t^3;$$

$$t = (x - x_i)/h, \quad h = x_{i+1} - x_i, \quad x \in [x_{i+1}, x_{i+2}], \quad t \in [0, 1]$$

Теорема: Курилган локал интерполяцион кубик сплайнни коэффициентлари йиғиндиси бирга тенг [1].

$$\sum_{k=1}^4 \varphi_k(t) = 1$$

Исботи:

$$\sum_{k=1}^4 \varphi_k(t) = \varphi_1(t) + \varphi_2(t) + \varphi_3(t) + \varphi_4(t)$$

Келтириб чиқарилган  $\varphi_i(t), i = \overline{1, n}$  сплайн функцияни коэффициентларини қўйиб маълум бир содалаштиришлардан кейин коэффициентлар йиғиндиси 1 га тенг бўлишини кўриш қийин эмас.

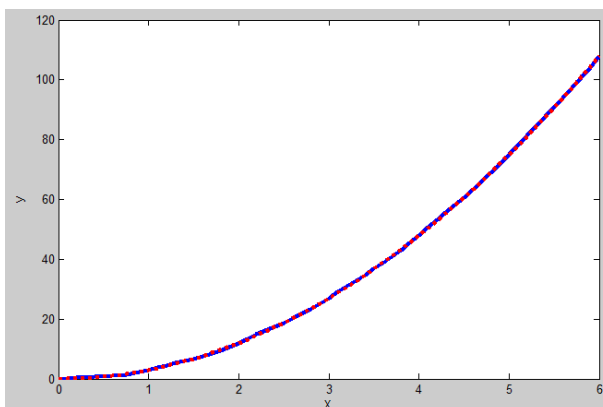
Яъни

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^4 \varphi_k(t) &= \varphi_1(t) + \varphi_2(t) + \varphi_3(t) + \varphi_4(t) = -\frac{1}{8}t + \frac{5}{8}t^2 - \frac{1}{2}t^3 + \\ &+ 1 - \frac{9}{8}t - \frac{11}{8}t^2 + \frac{3}{2}t^3 + \frac{13}{8}t + \frac{7}{8}t^2 - \frac{3}{2}t^3 - \frac{3}{8}t - \frac{1}{8}t^2 + \frac{1}{2}t^3 = 1 \end{aligned}$$

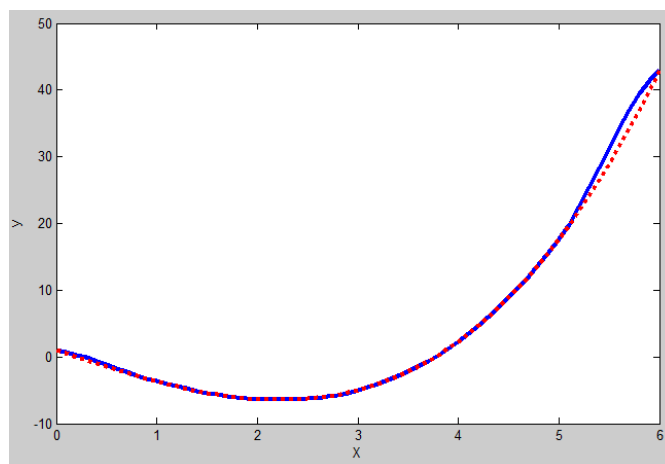
Теорема исботланди.

## 2. Локал кубик сплайн ёрдамида функцияларни яқинлаштириш

1-бўлимда ҳосил қилинган локал интерполяцион кубик сплайн функцияни графиги  $f(x)$  функцияни графиги билан таққосланди. Ушбу локал кубик сплайннинг яқинлашиши берилган функция  $f(x)$  билан солиштирамиз [3].



1-расм.  $f(x) = x^2 + \frac{5}{6}x + 9$  функцияни уч хил кўринишида кубик сплайн билан яқинлаштириш натижалари.



2-расм.  $f(x) = \frac{x^3}{3} - 5x$  функцияни уч хил кўринишида кубик сплайн билан

яқинлаштириш натижалари.

1-, 2- мисоллардан кўринадики,  $S_3(x)$  сплайн функция графиги  $f(x)$  функция графигини яхшироқ яқинлаштиради.

### Хулоса

Ушбу мақолада сигналларни рақамли ишлашда аниқлик даражаси юқори бўлган локал интерполяцион кубик сплайн-функцияси танлаб олинди. Танлаб олинган кубик сплайн-функцияни тенг тақсимланган тўрларда қурилиш тафсилотлари келтирилди ва дастлаб функцияларни яқинлаштириш жараёнлари амалга оширилди.

### Адабиётлар

1. H.N.Zaynidinov and S.A.Bahromov, Teoriya splaynov (Tashkent - Aloqachi, 2019).
2. M.I.Isroilov, Hisoblash metodlari (O'qituvchi-Toshkent, 2003).
3. H.N.Zaynidinov, B.R.Azimov (2019). Biomedical signals interpolation spline models. International conference on information science and communications technologies (ICISCT). Date Added to IEEE Xplore: 27 February 2020. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9011926>

## ДРОБНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРУГОВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

Б.Хужаёров<sup>1,2</sup>, Т.О.Джиянов<sup>1</sup>, М.С.Зокиров<sup>1</sup>, Ш.Ш.Ражаббойев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самаркандский государственный университет

<sup>2</sup>Институт математики имени В.И.Романовского, Ташкент, Узбекистан

<sup>1,2</sup>b.khuzhayorov@mail.ru, <sup>1</sup>t.djiyanov@mail.ru, <sup>1</sup>mzokirov45@gmail.com,

<sup>1</sup>shrajabboyev@mail.ru

Течение жидкостей в пористых средах – сложное явление, которое трудно моделировать математически. Поэтому при расчете течения жидкостей в пористой среде используется концепция среднего, а не реального течения. Скорость фильтрации, давление и другие параметры интерпретируются как средние величины при описании среднего потока жидкости [1].

Часто в пластах, насыщенных высоковязкими нефтями, зачастую отсутствует приток нефти из пласта, проявляются аномальные свойства нефтей, не характерные для ньютоновских жидкостей. Жидкости с такими аномальными свойствами называются неньютоновскими. Это жидкости, не следующие модели линейно-вязкой жидкости, для которой имеет место линейная изотропная связь между тензорами напряжений и скоростей деформации [2, 3].

В данной работе изучена задача аномальной фильтрации в пористой среде с учетом предельного градиента давления (ПГД). Течение однородной жидкости в пористой среде моделировалось дифференциальным уравнением с дробными производными. Расчет градиента давления и скорости фильтрации осуществлялся с известными значениями (ПГД).

Уравнение неразрывности записывается в виде

$$\frac{\partial v}{\partial x} + \beta^* \frac{\partial p}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

где  $\beta^*$  – коэффициент упругости пласта,  $v$  – скорость фильтрации,  $p$  – давление,  $x$  – координата,  $t$  – время.

Модель аномальной фильтрации с двойной релаксацией в одномерном случае с учетом (ПГД) записывается в виде

$$v + \lambda_v D_t^\beta v = \begin{cases} 0 & \text{при } \left| \frac{\partial p}{\partial x} \right| \leq g_0, \\ -\frac{k}{\mu} \left( \frac{\left| \frac{\partial p}{\partial x} \right| - g_0}{\left| \frac{\partial p}{\partial x} \right|} \frac{\partial p}{\partial x} + \lambda_p D_t^\alpha \left( \frac{\left| \frac{\partial p}{\partial x} \right| - g_0}{\left| \frac{\partial p}{\partial x} \right|} \frac{\partial p}{\partial x} \right) \right) & \text{при } \left| \frac{\partial p}{\partial x} \right| > g_0, \end{cases} \quad (2)$$

где  $\alpha, \beta$  – порядки дробных производных,  $D_t^\beta, D_t^\alpha$  – операторы дробной производной по Капуто [4],  $g_0$  – ПГД,  $\lambda_v, \lambda_p$  – времена релаксации скорости фильтрации и градиента давления.

В (2)  $\lambda_v$  и  $\lambda_p$  имеют дробную размерность:  $\lambda_v = T^\beta, \lambda_p = T^\alpha$ , где  $T$  – размерность времени. Данный подход характеризует нелокальные во времени эффекты.

Уравнение релаксационной фильтрации записывается в виде

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \lambda_v D_t^{\beta+1} p = \kappa \left( \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \lambda_p D_t^\alpha \left( \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \right) \right), \quad (3)$$

где  $\kappa = \frac{k}{\mu \beta^*}$  – коэффициент пьезопроводности,  $0 < \alpha \leq 1, 0 < \beta \leq 1$ .

Заметим, что при  $\alpha = 1, \beta = 1$  из (3) получается уравнение фильтрации с двойной релаксацией [5], а при  $\alpha = 1, \beta = 1, \lambda_v = 0$  – уравнение пьезопроводности с релаксацией градиента давления [6].

Начальное и граничные условия для уравнения (3) при фильтрации в конечной среде  $[0, L]$  принимаются в следующем виде

$$p(0, x) = 0, \quad (4)$$

$$p(t, 0) = p_0, \quad p_0 = \text{const}, \quad p(t, L) = 0. \quad (5)$$

Для (3) при  $\beta > 0$  начальное условие (4) недостаточно. Надо добавить еще одно условие, например

$$\frac{\partial p(0, x)}{\partial t} = 0. \quad (6)$$

Уравнение (3) решается при условиях (4), (5), (6).

Для численного решения задачи (3), (4), (5), (6) применяем метод конечных разностей. В области  $\Omega = \{0 \leq x \leq L, 0 \leq t \leq T_{\max}\}$  введем равномерную сетку  $\omega_{ht} = \{(x_i, t_j), x_i = ih, i = \overline{0, N}, h = L/N, t_j = j\tau, j = \overline{0, M}, \tau = T_{\max}/M\}$ , где  $h$  – шаг

сетки по координате  $x$ ,  $\tau$  – шаг сетки по времени. Сеточную функцию в точке  $(x_i, t_j)$  обозначим через  $p_i^j$ .

Как видно из уравнения пьезопроводности (3) на распределение давления  $g_0$  не влияет. Чтобы оценить влияние  $g_0$  на распределение скорости фильтрации проводились расчеты при различных его значениях. Некоторые результаты представлены на рис.1–2. На рисунках показаны профили скорости фильтрации для двух значений времени  $t$ . С увеличением  $t$  при малых  $x$  можно наблюдать уменьшение  $v$ . Во всех случаях с увеличением  $g_0$  наблюдается уменьшение  $v$ . Это связано с изменением градиента давления в этой зоне. Помимо уменьшения значений  $v$  наблюдается также сокращение зоны ее распространения в среде. Это говорит о расширении размеров зоны с неподвижной жидкостью. Это напрямую связано с влиянием ПГД.

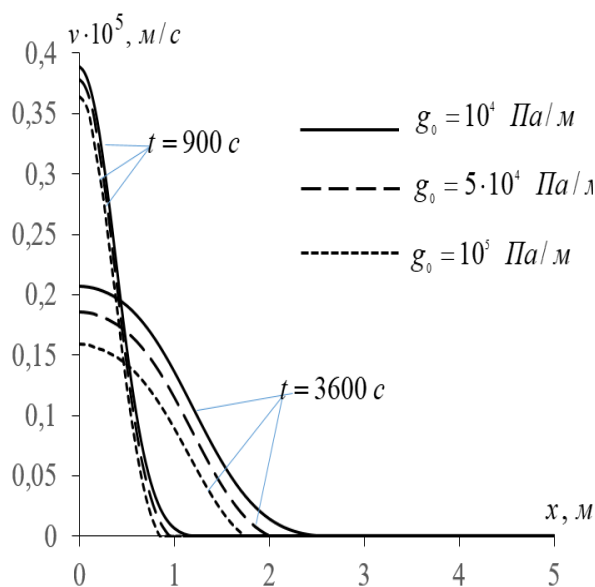


Рис.1. Профили изменения скорости фильтрации при различных  $g_0$  и  $\lambda_v = 1000 \text{ с}$ ,  $\lambda_p = 500 \text{ с}$ ,  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 0.9$ .

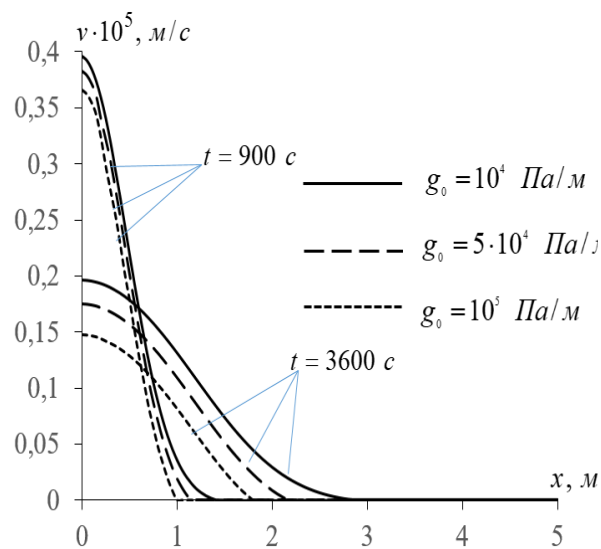


Рис.2. Профили изменения скорости фильтрации при различных  $g_0$  и  $\lambda_v = 1000 \text{ с}$ ,  $\lambda_p = 500 \text{ с}$ ,  $\alpha = 0.9$ ,  $\beta = 1$ .

## Литература

1. Баренблатт Г. И., Ентов В. М., Рыжик В. М. Движение жидкостей и газов в пористых средах // М.: Недра. – 1984.
2. Молокович Ю.М., Непримеров Н. Н, Пикуза В.И, Штанин А.В. Релаксационная фильтрация. – Изд. Казанского университета.1980. – 136 с
3. Бернадинер М. Г., Ентов В. М. Гидродинамическая теория фильтрации аномальных жидкостей. – М.:Наука, 1975.
4. Caputo M. Models of flux in porous media with memory. *Water Resources Research*, Vol. 36. №3. 2000, P. 693 – 705.
5. Алишаев М.Г., Мирзаджанзаде А. Х. К учету явлений запаздывания в теории фильтрации. —, “Изв. вузов”, “Нефть и газ” 1975, № 6, с. 71—74.
6. Алишаев М.Г. О нестационарной фильтрации с релаксацией давления // Тр. Московского обл. пед. ин-та им. Н.К.Крупской. «Гидромеханика». М., 1974. Вып. 111. С. 166-177.

## ТЕРМОПЛАСТИК МАСАЛАНИ ЕЧИШНИНГ УМУМИЙ ҲОЛДА ҚЎЙИЛИШИ ВА ЕЧИШ УСУЛЛАРИ ҲАҚИДА

Абдураимов Достонбек Эгамназар ўғли

*Гулистон давлат университети, Амалий математика ва АТ кафедраси катта  
ўқитувчиси, Гулистон, Ўзбекистон*

Муаллиф электрон почтаси  
abduraimov.dostonbek@mail.ru

Ҳозирги даврда компьютер технологияларининг жадал суръатлар билан ривожланиши, янгидан-янги амалий масалаларни сонли ечишга имкон беради.

Чекли элементлар усули муҳандислик ва физика масалаларини ечишдаги эффектив усул бўлиб ҳисобланади. Бу усулнинг қўлланиш усули, соҳаси кенг: самолёт ёки автомобилларнинг конструкцияларидан кучланишлар анализидан тортиб то атом электр станциялари каби мураккаб системалардаги ҳисобланишларгача қўлланилади. Чекли элементлар усули ёрдамида сиқилган газ оқими, суюқликнинг трубадаги ҳаракати ўрганилади, электростатика масалалари ечилади, система тебранишлари анализ қилинади.

Термопластик масалани ечишнинг математик модели ва программа таъминотини яратиш диссертация иши мавзуси бўлиб, унда термопластиклик масаласини ечиш алгоритми ва шу асосда қилинган программа таъминотини ишлаш принципи баён қилинади.

Бази бир технологик жараёнлар (масалан, пайвандлаш) материални юқори даражада иситишга асосланган. Бундай жараёнларда иссиқликдан кенгайишнинг бир текисда бўлмаслиги, материалнинг жорий температурада пластиклик чегарасидан ошиши мумкин бўлган кучланишларни вужудга келтиради. Бу совитиш яқунлангандан кейин ҳам материал сифатига таъсир қилувчи нолдан фарқли деформация ва кучланишларни пайдо қилади. Термопластиклик масаласини ечиш ушбу жараёнларни аниқроқ англаш имконини беради.

Бугунги кунда кўпгина илмий ва саноат доирасида ишлайдиган ташкилотлар композитцион материалларни кашф қилиш масаласи устида ишлашмоқда. Термопластик масалани ечиш, иссиқлик таъсири остида бирор жисмда вужудга келадиган пластиклик ҳолатини аниқлашга имкон беради. Термопластиклик масаласи композицион материаллар йўналишидаги масала ҳисобланади.

Кўп физик масалалар квазигармоникли дифференциал тенглама билан таърифланади; бу тенглама таркибида вақтга боғлиқ алоҳида ҳосила бор. Натижада куйидаги тенглама ҳосил бўлади:

$$K_{xx} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + K_{yy} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + K_{zz} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} + Q = \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial t} \quad (1)$$

Унинг чегаравий шартлари (1) ва (2) формулари билан таърифланади.  $\varphi = \varphi_B$ ,  $S_1$  да ўринлидир.

$$K_{xx} \frac{\partial \varphi}{\partial x} l_x + K_{yy} \frac{\partial \varphi}{\partial y} l_y + K_{zz} \frac{\partial \varphi}{\partial z} l_z + q + h(\varphi - \varphi_\infty) = 0 \quad (2)$$

Бу ерда (1) тенгласидаги  $\lambda$  ўлчови материалнинг айрим параметри ёки шундай параметрлар комбинациясининг йиғиндисидан иборат. Тенгласининг барча коэффицентлари  $K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$  ва  $\lambda$ , ҳамда  $Q$  вақт давомида ўзгариши мумкин. (1) тенгласини ечишда чекли элементлар усулидан фойдаланилганда вақтга нисбатан алоҳида ҳосилалари аъзо вақтнинг ҳар бир белгиланган оқида фазовий координаталар функцияси сифатида кўрилади. Бундай ҳолда (1) тенгласини (3) тенгласига тенг деб



ҳисоблаш керак, лекин бунда (3) тенгламадаги  $Q$  (4) формуласидаги айирмага алмаштирилади.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) + Q = 0 \quad (3)$$

$$Q - \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial t} \quad (4)$$

Бундай алмашувдан сўнг физик масаланинг ечими (1) тенгламадаги вақт интервалининг ҳар бири учун функционални минимумлаштиришдан иборат бўлади. Ҳар бир минимумлаштириш олдидан иссиқлик ўтказиш коэффициентлари ва бошқа ўлчовлар (вақтга боғлиқ бўлган ўлчовлар) қайтадан ҳисобланиши керак. Масалада уч ўлчовли жисмга иссиқлик таъсир қилади. Жисмга иссиқлик таъсири бошлангандан  $\Delta t$  вақтдан кейинги жисм пластик параметрларини аниқлаш керак бўлсин. Бу пластик параметрларга қуйидагилар киради:

- тугун нукталар силжишлари:  $u, v, w$ ;
- нормал кучланишлар:  $\sigma_{xx}, \sigma_{yy}, \sigma_{zz}$ ;
- уринма кучланишлар:  $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ ;
- деформация интенсивлиги:  $\epsilon_i$ ;
- кучланиш интенсивлиги:  $\sigma_i$ ;

Масалани ечишда температура майдони аниқланган деб фараз қилинади ва пластиклик масаласи чекли элементлар усули ёрдамида ечилади. Бундай қўйилишда масалани ечиш мураккаб бўлгани учун, уни мос келадиган вариацион кўринишга алмаштирамиз. Бу кўриниш масалани тақрибий ечиш усулларини қўлланишига имкон беради. Мустақамлик масалаларинини ечишнинг юқори самарали усулларидан бири чекли элементлар усули (ЧЭУ) ва А. А. Ильюшиннинг эластик ечимлар усули ҳисобланади.

Охирги йигирма йилликларда ЧЭУ ЭХМда деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикаси масалаларини ечиш бўйича энг кенг тарқалган усул ҳисобланади. Бу шу билан изоҳланадики, ҳар қандай мураккаб масалани шу усул билан моделлаштириш мумкин, бироқ натижада юқори тартибли тенгламалар системасини ечишга олиб келади. Бундай юқори тартибли тенгламалар системасини ечиш имкони охири 20 йилликлардаги компьютер техникаси ривожланиши билан боғлиқ. Айнан шу усул катта (уч ўлчовли, тўрт ўлчовли) масалаларни кичик тенгламаларга ажратиш имконини беради ва улар кетма-кет ечилади, бу эса тенгламалар системасининг бошланғич тартибини кичрайтириш имконини беради. Шунини таъкидлаб ўтиш лозимки, ЧЭУнинг бош афзалликларидан бири, чегаравий шартларнинг берилиш шакли жисм конфигурациясининг мураккаблиklarини ҳисобга олиш оддий ва қулайдир. Бу эса масалани ечишнинг қулай ва самарали усулларини қуришни осонлаштиради.

Эластик–пластик кучланганлик ҳолатини топишда қўлланиладиган А. А. Ильюшиннинг усулини мазмуни шундаки, буда эластик–пластик масалаларнинг ечими кетма-кет яқинлаштириш асосида қурилади: ҳар бир қадамда эластик масала ечилади, яъни, қўшимча ҳажмий ёки сиртки куч сифатида бошланғич тенгламага кирувчи ҳар бир пластик деформация яқинлашувида аниқлашиб борувчи чизиқсиз масалани чизиқли чегаравий масалалар кетма-кетлигига олиб келинади.

Эластик–пластик масаласи ечилиши икки қисмдан иборат. Аввало эластик масала ечилади. Сўнгра олинган натижалар асосида А. А. Ильюшиннинг эластик ечимлар усули асосида итерацион жараён бажарилади. Итерацион жараёнда тенгламалар системасини ечиш усулининг тескари қадами бажарилади. Бунда квадрат илдизлар усули билан биз шунга эришишимиз мумкинки унда бошқа усулларга нисбатан вақтдан ютишимиз ва

арифметик амаллар сонини деярли икки баробар камайтирамир. Эластик масалаларни ечганда топилган тугун нуқталарнинг силжиш векторининг қийматлари аниқланади. Бу ечимдан фойдаланиб,  $\varepsilon_i$  қиймати ҳисобланади ва элементларнинг берилган нуқталарида  $\varepsilon_i > \varepsilon_s$  шарт бажарилиши текширилади ва шу орқали пластик соҳаларининг чегаралари аниқланади. Шарт бажарилмаган ҳолда шуни хулоса қилиш мумкинки берилган кучда пластик деформация юзага келмайди шунинг учун пластик деформацияни юзага келтирувчи, пластик соҳани ҳосил бўлишига олиб келувчи куч танланади. Бундай кучларни танлаш кийин эмас, уларни куч ўлчамини ошириш, эластиклик масаласини ечиш ва пластиклик шартларини бажарилишининг ҳисоблаш йўллари орқали аниқлаш мумкин. Пластик деформацияларнинг мавжудлиги, пластиклик зонасида ҳисобланиш натижасини тенгламалар системасининг ўнг томонига олиб бориб қўйилади ва янги эластик масала ечилади. Масалани қайта ечилиши эластик ечимлар усулининг навбатдаги итерацияси бўлади ва тенгламанинг янги ўнг томони асосида квадрат илдизлар усулининг тескари қадами бажарилади. Шу сабабли масалани Ильющин усули билан ечишда квадрат илдизлар усули қулайдир.

### Фойдаланилган адабиётлар

1. Галанин М. П., Гузев М.А., Низкая Т.В. Численное решение задачи термопластичности с дополнительными параметрами состояния // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2007. № 8. 20 с.
2. Биргер И.А. Остаточные напряжения. М: Машгиз. 1963, 233 с.
3. Ильющин А.А. Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. -М.: Наука, 1980. -280 с.

## МОДЕЛЬ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ

Seytov A.J., Abdujabbarov Z.A.

National University of Uzbekistan Tashkent, Uzbekistan  
saybek868@gmail.com, zafarabdujabborov57@gmail.com

В работе рассмотрены два варианта уравнений кинематической волны в широких прямоугольных руслах в предположении полного насыщения потока наносами:

1. уравнения, в которых закон сохранения массы жидкости включает в себя размыв и отложение наносов,

2. уравнения, в которых движение жидкой фазы считается описываемой обычным уравнением кинематической волны, донные деформации предполагаются малыми, не влияющими на гидродинамическую картину.

Для обоих вариантов рассмотрены автомодельные задачи:

- задача о прохождении по руслу разрывной волны повышения,

- задача о прохождении простой волны понижения.

Для задачи о разрывной волне повышения в обоих случаях построены аналитические решения.

Уравнение кинематической волны в случае наличия боковых отводов записывается следующим образом

$$\frac{\partial \omega(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial Q(x,t)}{\partial x} = q(x,t) \quad (1)$$

$$Q(x,t) = \omega(x,t)c(x,t)\sqrt{R(x,t)i}.$$

Здесь  $Q(x,t)$  – изменение расхода воды на участке канала,  $v$  – скорость движения потока.

Начальное условие

$$Q(x,0) = Q_0(x), \quad \omega(x,0) = \omega_0(x), \quad (2)$$

$Q_0(x)$  – начальное распределения расхода воды на участке канала.

Граничное условие

$$Q(0,t) = Q_1(t), \quad (3)$$

где  $Q_1(t)$  – изменение расхода воды в начале участка канала.

Область определения переменных

$$x \geq 0, \quad t \geq 0, \quad v > 0. \quad (4)$$

Расходы воды в точках водозабора участка канала  $q(x,t)$  в условиях дискретности распределения воды имеет вид

$$q(x,t) = -\sum_{i=1}^5 q_i \delta(x - a_i) I(t - T) \quad (5)$$

Уравнение (11) учитывает основные свойства ирригационного канала, как запаздывание и трансформация расхода воды по длине канала. В данном случае расход воды, измененный в начальном створе участка канала, приводит к изменению расхода воды на других створах участка канала через определенное время, это называется запаздывание, которое постепенно изменяется по времени.

Конвекционно-диффузная модель основывается на пренебрежении инерционных членов уравнений и имеет вид

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \left( \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{\partial K}{\partial h} \right) \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{K^2}{2b|Q|} \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} = q(x,t), \quad (6)$$

где  $K$  – модуль расхода.

Модуль расхода  $K(x, z)$  характеризует величину сил трения и определяется по следующей известной формуле  $K = \omega \cdot C \sqrt{R}$ ,

где  $R$  – гидравлический радиус русла;  $X$  – смоченный периметр русла;  $C$  – коэффициент Шези.

Для определения коэффициента Шези существует целая серия эмпирических формул. В качестве одной из них может быть принята формула Павловского

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1), \quad (7)$$

где  $n$  – коэффициент шероховатости канала.

Начальное условие

$$Q(x,0) = Q_0(x), \quad \omega(x,0) = \omega_0(x), \quad (8)$$

где  $Q_0(x)$  – начальное распределения расхода воды на участке канала.

Граничное условие

$$Q(0,t) = Q_1(t), \quad (9)$$

где  $Q_1(t)$  – изменение расхода воды в начале участка канала.

Область определения переменных

$$x \geq 0, \quad t \geq 0, \quad v > 0. \quad (10)$$

Расходы воды в точках водозабора участка канала в условиях дискретности распределения воды

$$q(x,t) = -\sum_{i=1}^5 q_i \delta(x - a_i) I(t - T) \quad (11)$$

**Полная модель неустановившегося течения воды на участке канала.** Состояние участка магистрального канала характеризуется неустановившимся течением воды и описывается системой дифференциальных уравнений Сен-Венана в форме законов сохранения энергии

$$B \frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q, \quad (12)$$

$$\frac{1}{g\omega} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} + 2v \frac{\partial Q}{\partial x} \right) + \left[ 1 - \left( \frac{v}{c} \right)^2 \right] \frac{\partial z}{\partial x} =$$

$$= \left[ i + \frac{1}{B} \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} \right)_{h=const} \right] \left( \frac{v}{c} \right)^2 - \frac{Q|Q|}{K^2},$$

где  $v = \frac{Q}{\omega}$ ;  $c = \sqrt{\frac{g\omega}{B}}$ ;  $Q = Q(x, t)$  – расход воды;  $z = z(x, t)$  – ордината свободной поверхности;  $g$  – гравитационная постоянная;  $i$  – уклон дна;  $B = B(z)$  – ширина потока по поверхности живого сечения;  $\omega = \omega(z)$  – площадь живого сечения потока;  $c = c(z)$  – скорость распространения малых волн;  $K = K(z)$  – модуль расхода.

Дифференциальные уравнения в частных производных гиперболического типа в системе (12) есть уравнения сохранения массы и импульса потока, и представляют собой математическую модель неустановившегося движения воды на участке открытого канала.

В качестве функций, определяющих течение потока, здесь выбраны расход  $Q(x, t)$  и ордината свободной поверхности  $z(x, t)$ . Независимыми переменными являются продольная координата  $x$  и время  $t$ .

Русло задаётся ординатой дна  $z_0(x)$  и шириной поперечного сечения  $B(x, t)$  на расстоянии  $z$  (по вертикали) от дна русла.

Тогда:

- глубина потока:  $h(z, t) = z(x, t) - z_0(x, t)$ ;
- площадь поперечного сечения потока:  $\omega(x, t) = \int_0^h B(x, z) dz$ ;
- средняя скорость течения:  $v = \frac{Q}{\omega}$ ;
- скорость распространения малых волн:  $c = \sqrt{g\omega/B}$ ;
- уклон дна  $i = -dz_0/dx$ .

Характеристическая форма уравнений (12)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + (v \pm c) \frac{\partial Q}{\partial x} - B(v \mp c) \left[ \frac{\partial z}{\partial t} + (v \pm c) \frac{\partial z}{\partial x} \right] = \left( \phi - \frac{Q|Q|}{K^2} \right) g\omega - (v \mp c)q. \quad (13)$$

Здесь  $\phi = \left[ i + \frac{1}{B} \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} \right)_{h=const} \right] \left( \frac{v}{c} \right)^2$

Начальные условия задаются в виде

$$z(x, 0) = z_0(x), \quad Q(x, 0) = Q_0(x), \quad (14)$$

где:  $Q_0(x)$ ,  $z_0(x)$  – известные функции.

Граничные условия в точках  $x_1 = 0$  и  $x_2 = l$  записываются следующим образом

$$Q(0, t) = u_1(t), \quad Q(l, t) = u_2(t) \quad (15)$$

Расходы воды в точках водозабора участка канала, правая часть уравнения (14) в условиях дискретности распределения воды, имеет вид

$$q(x, t) = - \sum_{i=1}^5 q_i \delta(x - a_i) 1(t - T). \quad (16)$$

В этих моделях аналитическое решение уравнений (1), (6) и (13) при указанных краевых условиях отсутствует, так как гидравлические параметры потока воды

представляет собой нелинейную функцию, зависящую от формы поперечного сечения участка канала.

Из выражения боковых водозаборов (16) видно, что потребителям обеспечивается дискретная вод подача во времени в виде ступенчатой функции. При ступенчатых функциях для решения задачи оптимального управления распределением воды необходимо сформулировать критерии качества распределения воды в каналах ирригационных систем в условиях дискретности вод подачи потребителям и систему ограничений.

### Список литературы

1. Rakhimov, S., Seytov, A., Nazarov, B., Buvabekov, B., Optimal control of unstable water movement in canals of irrigation systems under conditions of discontinuity of water delivery to consumers. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 883 (2020) 012065, Dagestan, 2020, IOP Publishing DOI:10.1088/1757-899X/883/1/012065 (№5, Scopus, IF=4,652)
2. Rakhimov, S., Seytov, A., Kudaybergenov, A. Modeling and optimization of water supply processes at large pumping stations. Global and Stochastic Analysis, 2021, 8(3), стр. 57–62.
3. Kabulov A.V., Seytov A.J., Kudaybergenov A.A. Optimal water distribution in large main canals of irrigation system // Global and Stochastic Analysis. – 2021. Vol.8, No.3. Pp. 45-53. (№3 Scopus IF = 9.6246)
4. Seytov, A., Turayev, R., Jumamuratov, D., Kudaybergenov, A. Mathematical Models for Calculation of Limits in Water Resources Management in Irrigation Systems. International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities, ICISCT 2021, 2021
5. Shavkat Rakhimov, Aybek Seytov, Murod Sherbaev, et al. Algorithms for solving the problems of optimizing water resources management on a reservoir seasonal regulation. AIP Conference Proceedings 2432, 060023 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0090412>
6. Rakhimov S., Seytov A., Rakhimova N., Xonimqulov B. Mathematical models of optimal distribution of water in main channels // 4th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2020 - Proceedings, 2020, 9368798. (№ 3, Scopus, IF=3,557).
7. Kabulov, A., Normatov, I., Seytov, A., Kudaybergenov, A. Optimal management of water resources in large main canals with cascade pumping stations. *IEMTRONICS 2020 - International IOT, Electronics and Mechatronics Conference, Proceedings*, 2020, 9216402.
8. Turaev, R., Seytov, A., K. Hollozov, B., Haydarova, R., Kuldashaeva, S. Algorithms for planning water management in irrigation systems. *AIP Conference Proceedings*, 2024, 3045(1), 040040.
9. Seytov, A., Abdurakhmanov, O., Kakhkhorov, A., Karimov, D., Abduraimov, D. Modeling of two-dimensional unsteady water of movement in open channels. *E3S Web of Conferences*, 2024, 486, 01023.
10. Turaev, R., Seytov, A., Kuldashaeva, S., Nortojev, U. Algorithms for calculating limits in water management in irrigation systems. *E3S Web of Conferences*, 2023, 401, 02016.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ МНОГОЧЛЕНА ЛАГРАНЖА

Гофуржонов М<sup>1,a)</sup>, Дадабаев С<sup>2,b)</sup>, Косимов А<sup>3,c)</sup>, Курбонов Н<sup>4,d)</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский университет информационных технологий

<sup>2</sup>Декан факультета “Информационные технологии и вычислительная техника”

Андижанского государственного университета

<sup>3</sup>Бухоро Давлат Университети

<sup>4</sup>Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека.

В классической задаче интерполяции полиномы строятся на интервале  $[a, b]$ . Чем больше узлов, тем лучше аппроксимация. Возможности классических интерполяционных полиномов частично ограничены. Количество построенной системы алгебраических уравнений зависит от количества узлов, с увеличением числа узлов возрастает и порядок системы алгебраических уравнений. Этот выпуск широко используется при анализе погодных данных, цифровой обработке медицинских сигналов и анализе минеральных ресурсов. Большинство методов расчета основаны на замене функций, участвующих в постановке задачи, на функции, близкие к ней в определенном смысле и имеющие более простую структуру.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предположим, что в интервале  $[a, b]$  дано  $n$  точек.

$$x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$$

Эти точки называются узлами интерполяции. Пусть значение функции в этих точках равно следующему

$$f(x_0) = y_0, f(x_1) = y_1, \dots, f(x_i) = y_i, \dots, f(x_n) = y_n$$

Значениями, принадлежащими определенному классу и принимаемыми функцией  $f(x)$  в узлах интерполяции, являются:

$$F(x_0) = y_0, F(x_1) = y_1, \dots, F(x_i) = y_i, \dots, F(x_n) = y_n$$

Требуется построить функцию  $F(x)$ , принимающую значения, и оценить ее абсолютную погрешность.

### СПОСОБ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

Используя метод лагранжевой интерполяции, мы получаем полином  $F(x)$  для указанной выше задачи.

Для каждого узла интерполяции  $(x_i, y_i)$  строим отдельный полином.

$$F_n(x) = L_n(x) = y_0 \cdot F_{0n}(x) + y_1 \cdot F_{1n}(x) + \dots + y_n \cdot F_{nn}(x) \quad (1)$$

Каждый из  $F_{in}(x)$  — является полиномом  $n$ -степени, тогда (1) также является полиномом  $n$ -степени. Каждого —  $F_{in}(x)$

$$F_{in}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } i \neq j \\ 1, & \text{если } i = j \end{cases}$$

мы выбираем выполнить условия.

$F(x)$  — полином  $n$ -степени с корнями  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n$ .

Понятно что многочлен получит вид

$$F_{in}(x) = A \cdot (x - x_0)(x - x_1) \cdot \dots \cdot (x - x_{i-1})(x - x_{i+1}) \cdot \dots \cdot (x - x_n)$$

Здесь  $A$  — это константа. Согласно условиям  $F_{in}(x) = 1$  будет если,  $i = j$ . Теперь мы находим  $A$ .

$$A \cdot (x_j - x_0)(x_j - x_1) \cdot \dots \cdot (x_j - x_{i-1})(x_j - x_{i+1}) \cdot \dots \cdot (x_j - x_n) = 1$$

(2)

$$A = \frac{1}{(x_j - x_0)(x_j - x_1) \cdot \dots \cdot (x_j - x_{i-1})(x_j - x_{i+1}) \cdot \dots \cdot (x_j - x_n)} \quad \Rightarrow$$

$$F(x) = \frac{(x - x_0)(x - x_1) \cdot \dots \cdot (x - x_{i-1})(x - x_{i+1}) \cdot \dots \cdot (x - x_n)}{(x_j - x_0)(x_j - x_1) \cdot \dots \cdot (x_j - x_{i-1})(x_j - x_{i+1}) \cdot \dots \cdot (x_j - x_n)}$$

в этом случае мы получим интерполяционное уравнение Лагранжа для неравных интервалов следующим образом:

$$L_n(x) = y_0 \cdot F_{0n}(x) + y_1 \cdot F_{1n}(x) + \dots + y_n \cdot F_{nn}(x) = y_0 \cdot \frac{(x-x_1) \cdot \dots \cdot (x-x_n)}{(x_0-x_1) \cdot \dots \cdot (x_0-x_n)} +$$

$$+ y_1 \cdot \frac{(x-x_0) \cdot (x-x_2) \cdot \dots \cdot (x-x_n)}{(x_1-x_0) \cdot (x_1-x_2) \cdot \dots \cdot (x_1-x_n)} + \dots + y_n \cdot \frac{(x-x_0) \cdot \dots \cdot (x-x_1) \cdot \dots \cdot (x-x_{n-1})}{(x_n-x_0) \cdot (x_n-x_1) \cdot \dots \cdot (x_n-x_{n-1})} =$$

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Построить интерполяционный полином Лагранж для сигналов( таб 1)

1-таблица

Значения функции, соответствующие узлам

| i | X <sub>i</sub> | Y(x <sub>i</sub> ) |
|---|----------------|--------------------|
| 0 | 0,1            | 0.0334             |
| 1 | 0,1            | 0.0339             |
| 2 | 0,2            | 0.0343             |
| 3 | 0,3            | 0.0348             |
| 4 | 0,4            | 0.0353             |
| 5 | 0,5            | 0.0357             |
| 6 | 0,6            | 0.0362             |
| 7 | 0,7            | 0.0368             |
| 8 | 0,8            | 0.0374             |
| 9 | 0,9            | 0.0381             |

2-таблица.

Оценка погрешности интерполяции в методе Лагранжа

| i  | x <sub>i</sub> | y(x <sub>i</sub> ) | Li(x <sub>i</sub> ) | y(x <sub>i</sub> ) - Li(x <sub>i</sub> ) |
|----|----------------|--------------------|---------------------|--|
| 0  | 0,1            | 0.0334             | 0.0334              | 0  |
| 1  | 0,1            | 0.0339             | 0.0337              | 0.0002                                   |
| 2  | 0,2            | 0.0343             | 0.0341              | 0.0002                                   |
| 3  | 0,3            | 0.0348             | 0.0344              | 0.0004                                   |
| 4  | 0,4            | 0.0353             | 0.0348              | 0.0005                                   |
| 5  | 0,5            | 0.0358             | 0.0353              | 0.0005                                   |
| 6  | 0,6            | 0.0362             | 0.0357              | 0.0005                                   |
| 7  | 0,7            | 0.0367             | 0.0362              | 0.0005                                   |
| 8  | 0,8            | 0.0372             | 0.0368              | 0.0004                                   |
| 9  | 0,9            | 0.0376             | 0.0374              | 0.0002                                   |
| 10 | 1              | 0.0381             | 0.0381              | 0  |

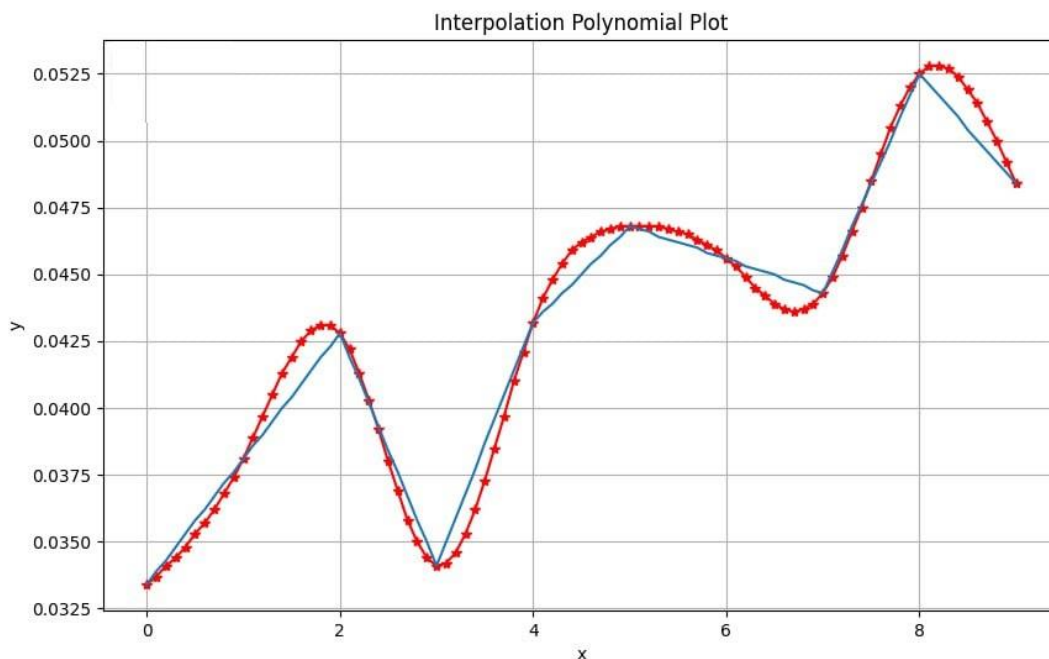


Рисунок 1. Результат интерполяции сигналов методом Лагранжа

### Заключение

Методом интерполяции Лагранжа в точках (узлах) сечения строились полиномы. Разработаны алгоритм и программа, повышающие точность интерполяции. Абсолютная погрешность интерполяционного полинома Лагранжа на данном интервале составила  $L(x)=0005$ . Установлено, что метод интерполяции Лагранжа более эффективен при восстановлении аналитического представления функции или функции в заданных точках.

### Литературы

1. Ҳ.Н.Зайнидинов, С.А.Баҳромов. Теория сплайнов. Монография, Ташкент- Aloqachi-2019.
2. Исроилов М.И. Ҳисоблаш методлари. 1- қисм. Ўқитувчи Тошкент- 2003
3. H.N.Zaynidinov, B.R.Azimov, N.H.Sadritdinov. Non-Dependent Cubic Spline Function and Its use in Digital Processing of Signs. ISSN 1815-4840, E-ISSN 2181-1105 Chemical technology Control and Management 2020, №5\_6\_p.(95-96).International scientific and technical journal.p. 89-94.

## MODELING THE NOISE MAP OF THE DORMITORY OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN

Ramanova T.T.<sup>1,a)</sup>, Abdullaev I.U.<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Author emails

<sup>a)</sup> [tumarisramanova@mail.ru](mailto:tumarisramanova@mail.ru)

<sup>b)</sup> [ilkhomjon.abdullaev@gmail.com](mailto:ilkhomjon.abdullaev@gmail.com)

In recent years, urbanization has brought about significant changes in the acoustic environments of cities, leading to a rise in noise pollution levels. Among these urban centers, "Talabalar shaharchasi" in Tashkent stands as a microcosm where the impact of noise pollution is becoming increasingly apparent. Noise pollution, characterized by excessive and unwanted sounds, poses various challenges to both human health and the quality of urban life. To better



understand the extent and nature of this problem, this study employs modern technological tools to measure and analyze noise levels within the area.

The primary aim of this investigation is to assess the noise environment of "Talabalar shaharchasi" using data collected through a fieldwork. These measurements provide a quantitative basis for understanding the spatial distribution and temporal variation of noise levels within the urban landscape.

The study conducted noise level measurements at specific times within the vicinity of dormitories near "Talabalar shaharchasi" (part of NUU). The data collection process aimed to assess the impact of noise pollution on students' study environments during peak daytime and evening hours. Data was collected using a smartphone-based decibel meter application, providing real-time noise level readings in decibels (dB) at each location.

Measurement points were strategically chosen to capture variations in noise levels based on proximity to potential sources of noise like roads and public spaces. Efforts were made to ensure data accuracy by avoiding areas with ongoing construction or temporary noise events during data collection.

Furthermore, to spatially visualize and analyze the collected data, Geographic Information System (GIS) techniques were employed. ArcMap, a widely used GIS software, was utilized to map the noise measurements onto the geographical layout of "Talabalar shaharchasi." This spatial analysis offers insights into areas of high noise concentration, potential sources of noise, and areas most affected by noise pollution.

Noise level maps generated using ArcMap (Fig.1.) revealed a heterogeneous spatial distribution of noise pollution within the dormitory area. Areas adjacent to major roadways and commercial establishments exhibited higher noise concentrations, while quieter zones were observed in residential pockets. Specific locations were identified as noise hotspots based on clustering and density analysis. Temporal analysis indicated distinct noise patterns throughout the day. Evening hours experienced peak noise levels coinciding with rush hour traffic and increased pedestrian activity, potentially disrupting students' evening study routines. Spatial correlation analysis revealed strong associations between noise levels and nearby urban features. Proximity to major roads and commercial areas emerged as significant determinants of noise pollution, highlighting the influence of anthropogenic activities on noise intensity. Spatial statistical analyses, including spatial autocorrelation and hotspot identification, underscored the presence of statistically significant clusters of high noise levels. These findings provide actionable insights for targeted noise mitigation strategies. The observed noise patterns have critical implications for students' study environments. High noise levels in proximity to dormitories may impede concentration, disrupt sleep patterns, and contribute to overall stress levels among residents.

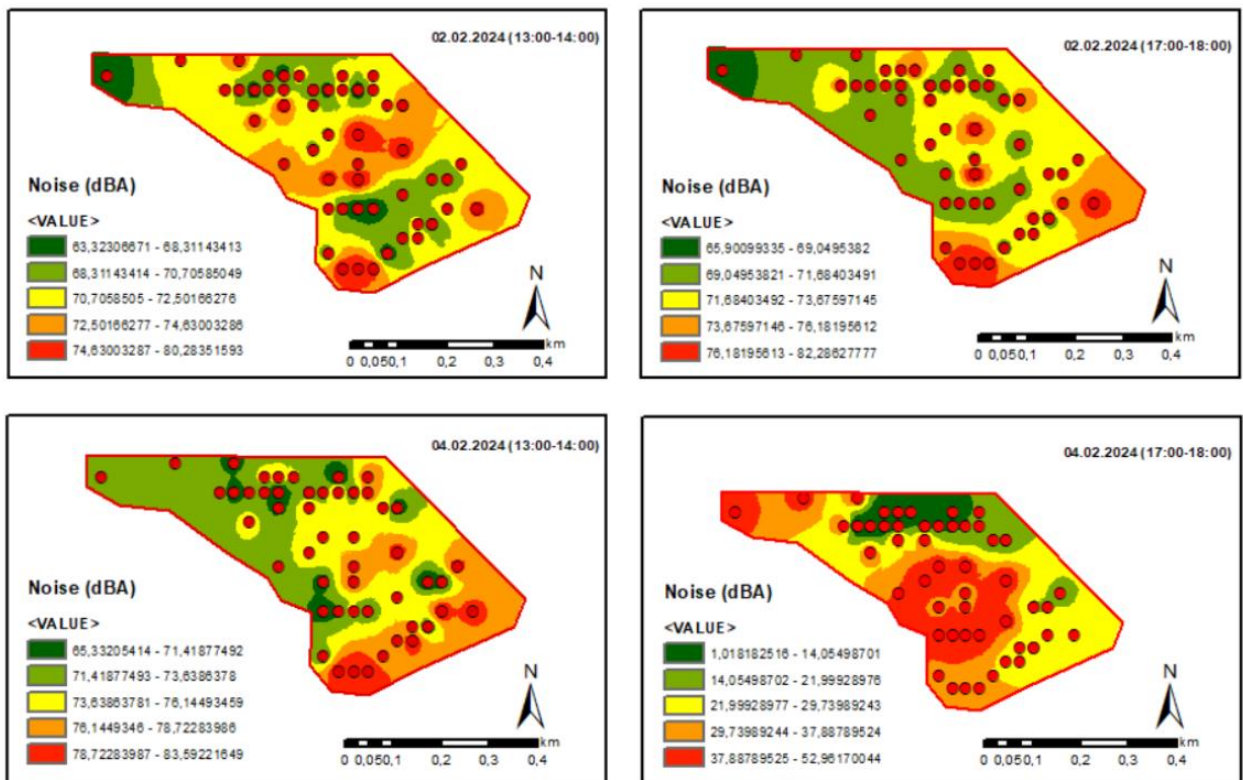


Fig.1. Fragments of noise pollution maps of “Talabalar shaharchasi” (part of NUU)

Maps depicting noise level distributions, temporal trends, and spatial correlations enhance the presentation of results. Visual representations aid in conveying complex spatial patterns and facilitate a deeper understanding of noise pollution dynamics in the dormitory area.

Noise pollution poses significant challenges to students residing in dormitories, impacting their ability to concentrate, study effectively, and maintain overall well-being. Implementing targeted strategies to mitigate noise pollution is essential for creating conducive living and learning environments.

Future research will examine the long-term impact of noise pollution on student well-being and evaluate the effectiveness of noise reduction strategies over time.

In conclusion, addressing noise pollution in dormitory settings requires proactive efforts and collaborative partnerships. By prioritizing noise reduction strategies and advocating for noise-conscious practices, universities and local communities can create supportive environments that enhance students' academic success and quality of life.

## Reference

1. Alam, P., Ahmad, K., Afsar, S., and Akhter, N. (2020). Noise Monitoring, Mapping, and Modelling Studies – A Review. *Journal of Ecological Engineering*, 21(4), pp.82-93. <https://doi.org/10.12911/22998993/119804>
2. Behsoodi, Mohammad Mukhlis & Shirzad, Wafiullah. (2022). A Comprehensive Review of Noise Pollution and its Impact on the Urban Environment. 10.31841/KJET.2022.26.
3. Bozkurt, Tarık. (2021). Preparation of Industrial Noise Mapping and Improvement of Environmental Quality. *Current Pollution Reports*. 7. 10.1007/s40726-021-00195-3.
4. Cristina Elena MIHALACHE, Bogdan ERGHELEGIU, Mirela Alina SANDU 2023, NOISE POLLUTION: A GIS-BASED APPROACH TO MAPPING AND ASSESSMENT. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*, Vol. XII, Print ISSN 2285-6064, 405-414.

5. Esmeray E, Eren S. GIS-based mapping and assessment of noise pollution in Safranbolu, Karabuk, Turkey. *Environ Dev Sustain.* 2021;23(10):15413-15431. doi: 10.1007/s10668-021-01303-5. Epub 2021 Feb 27. PMID: 33758575; PMCID: PMC7970821.
6. Fiedler, Paulo & Zannin, Paulo. (2015). Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs—Noise maps and measurements. *Environmental Impact Assessment Review.* 51. 1–9. 10.1016/j.eiar.2014.09.014.
7. Jbara, Abdesslem & Ahmed, Komti & Kechiche, Najah & Slimi, Khalifa. (2023). Impact of Traffic Pattern Variability on Road Noise Levels and Human Exposure: A Case Study in an Urban Site in Monastir City -Tunisia.
8. Joon Hee Ko, Seo Il Chang, Byung Chan Lee. Noise impact assessment by utilizing noise map and GIS: A case study in the city of Chungju, Republic of Korea. *Applied Acoustics*, Volume 72, Issue 8, 2011, Pages 544-550, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.09.002>.
9. Kumar, K. & Sathiyaseelan, A & Santhosh, G & Sanjaikumar, S & Student, U & Mohan, N Murali. (2020). 114` Mapping of Vehicular Noise Pollution using GIS. *International Journal of Advanced Science and Technology.* 29. 1114-1119.
10. Nipa, Nazmunnaheer & Seddique, A. & Hossain, Md. Mahabub & Amin, Al. (2022). GIS Based Mapping and Assessment of Noise Pollution in Gazipur City, Bangladesh. *Australian Journal of Engineering and Innovative Technology.* 4. 121-129. 10.34104/ajeit.022.01070115.
11. Samuel, Kayode & Yakubu, Samuel & Durowoju, Olufemi. (2024). Noise in the City: A Socio-Spatial Analysis of the Actual and Perceived Noise Levels in a Medium-Sized Urban Center. *Coğrafya Dergisi / Journal of Geography.* 1-13. 10.26650/JGEOG2023-1189396.
12. Sanchez Fernandez, Luis. (2021). Environmental noise indicators and acoustic indexes based on fuzzy modelling for urban spaces. *Ecological Indicators.* 126. 107631. 10.1016/j.ecolind.2021.107631.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ**

Бобович Дарья Андреевна,  
Александрович Арсений Евгеньевич  
*Национальный детский технопарк Беларуси*  
Электронной почты автора  
[een.efimof@gmail.com](mailto:een.efimof@gmail.com)

В современном обществе наблюдается тенденция информатизации образования, внедрения информационно-коммуникационных технологий в процесс обучения. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) - это процессы, использующие средства и методов сбора, обработки, накопления и передачи данных для получения новой информации, а также её распространения. Они уже активно используются в различных областях образования [1]. К преимуществам применения ИКТ относятся разнообразие форм проведения занятий, возможность организации дистанционного обучения, повышение интерактивности образования.

Одним из видов информационно-коммуникационных технологий являются технологии виртуальной реальности (VR). Виртуальная реальность – искусственно созданная среда, информацию о которой человек получают через свои ощущения, а также может сам влиять на неё в реальном времени. VR-технологии активно развиваются и находят своё применение в создании компьютерных игр. Однако в последнее время VR технологии находят практическое применение в автоматизации проектирования и в образовательном процессе. К плюсам этого относят:

- Большая эффективность обучения. При обучении с помощью виртуальной реальности или видео 360°, а не простого видео, человек запоминает значительно больше

информации и легче может использовать её. Это связано с тем, что опыт, пережитый в VR, находится в другой области памяти, связанной с автобиографическими воспоминаниями, а также с формированием большего количества ассоциативных и эмоциональных связей [2].

- Возможность гибкого изменения и обновления программного обеспечения. При изменении требования к симуляции не требуется покупать новое оборудование, достаточно просто обновить и настроить программу. Это требует меньше экономических затрат, а также меньше времени.

- Возможность симуляции опасных и чрезвычайных ситуаций в безопасных условиях. С использованием технологии виртуальной реальности возможно воспроизводить те ситуации и моменты, которые в обычных условиях невозможны в связи с опасностью для жизни и здоровья.

Однако во внедрении VR-технологий в образование есть и некоторые минусы, которые замедляют развитие этого направления, и не позволяют использовать виртуальную реальность повсеместно:

- Возможные трудности адаптации. Не все люди одинаково хорошо воспринимают изображение, переданное с помощью виртуальной реальности. У некоторых возникают головные боли и головокружение, особенно при длительном использовании. В современных моделях VR-технологий эта проблема стала менее явной, однако по-прежнему мешает повсеместному использованию технологии.

- Дороговизна полноценного VR-оборудования. Несмотря на появление некоторых более дешёвых моделей в последнее время, для комплектации полных классов оборудованием по-прежнему требуются определенные затраты.

- Сложность разработки приложений под VR. По сравнению с 3D-приложениями разработка программ для виртуальной реальности требует определенных затрат. Пользователь VR-приложения имеет гораздо большую свободу действия, что требует выделения большого количества ресурсов разработки на тестирование и исправление различных ситуаций.

Данные минусы не позволяют полностью заменить традиционные образовательные занятия, однако это позволит улучшить качество существующих занятий и увеличить их разнообразие. Кроме того с расширением современного инструментария построения моделей расширяются возможности применения VR-технологий. Также они могут быть использованы для симуляции чрезвычайных или редких ситуаций и для специализированного обучения в конкретных условиях, недостижимых в реальности. В качестве примера применения технологий виртуальной реальности в образовании во время обучения в учреждении образования «Национальный детский технопарк» [3] в течение дистанционной программы обучения (120 часов) была разработана программа обучения на примере сборки трактора и организации производственных цехов. Для создания программы был использован движок Unity, который предоставляет инструментарий для работы с приложениями под различные VR-устройства [4]. Программа состоит из 7 частей, соответствующих цехам завода, в каждом

из которых смоделированы главные технологические циклы производственного процесса, такие как обработка металлов, сборка узлов, покраска кузова и т.д. (рис. 1).

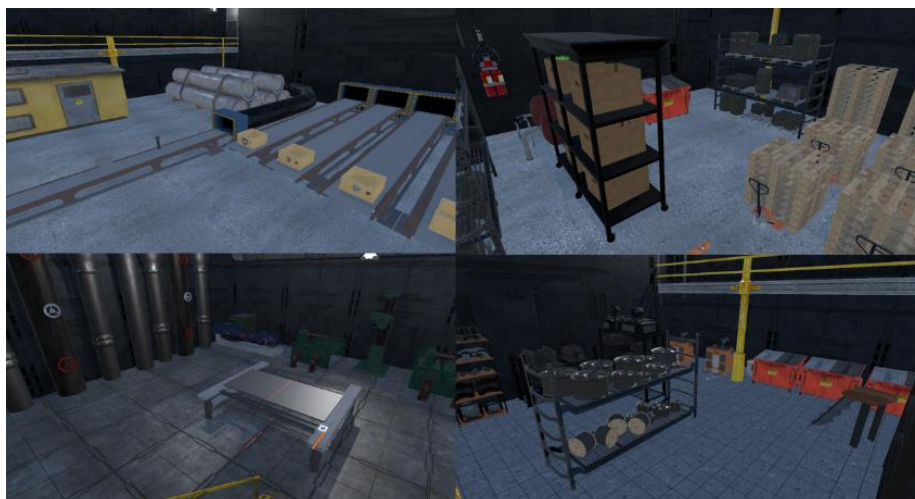


Рис. 1. Некоторые из цехов завода модели которых включены в программу

Во время работа с моделью пользователь знакомится с основными процессами, происходящими на заводе, через VR-устройство, а также лично участвует в производственном процессе с помощью VR-контроллеров: сортирует детали, собирает узлы, режет металл, красит кузов, собирает готовое изделие. Такой практический подход позволяет заинтересовать учащегося, а также позволяет им лучше запоминать технологический процесс. В результате пользования моделью учащийся собирает готовое изделие, в данном случае трактор, который потом может протестировать в различных режимах (рис. 2).

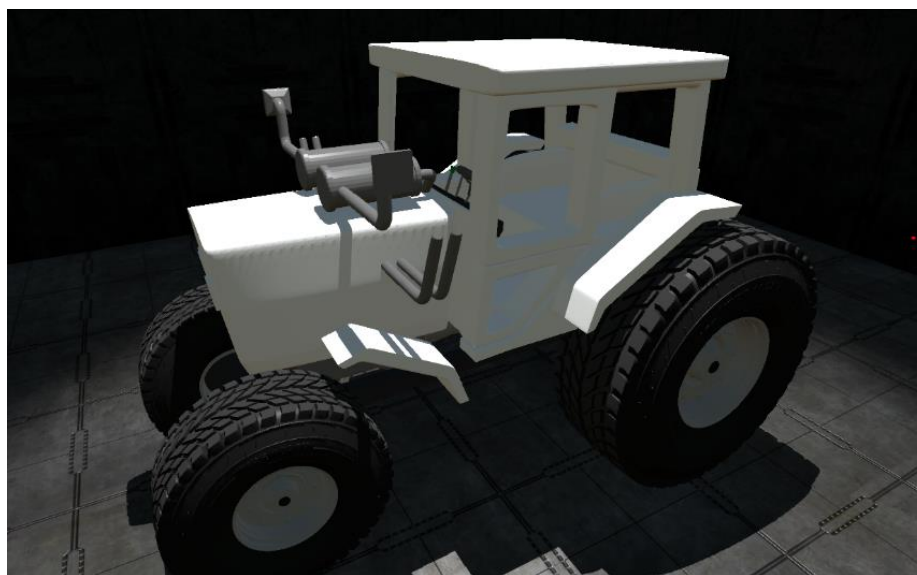


Рис. 2. Один из вариантов готового трактора

Программа ориентирована на развитие личности учащихся, формирование и развитие их творческих и интеллектуальных способностей, повышение мотивации к научным исследованиям и к определению их профессиональной ориентации. Применение данного приложения позволяет заинтересовать учеников в изучении машиностроительного дела. Данное приложение даёт учащимся возможность ознакомиться с работой завода и получить опыт работы на нём в виртуальной реальности в максимально комфортных условиях. Итоговая программа является наглядным примером возможностей применения виртуальной реальности в образовании.

В результате была исследована возможность применения технологий виртуальной реальности в образовании на примере программы обучения на

машиностроительном заводе. Данная технология может быть использована для улучшения качества и разнообразия занятий учащихся, а также для их профориентации.

В качестве шага к применению VR моделей в практике группа разработчиков, включающая авторов статьи, принимает заказы на создание и настройку VR моделей для различного класса машиностроительных узлов и изделий гражданского и военного применения.

### Список литературы

1. Фоменок, Е.Г. Использование информационно-коммуникационных технологий в процессе обучения студентов иностранным языкам / Е. Г. Фоменок // Актуальные проблемы гуманитарного образования: материалы МІ Междунар. науч.-практ.конф., Минск, 17–18 окт. 2019 г. / редкол.: С.А. Важник (отв. ред.) [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 387–394.
2. В. Schöne, M. Wessels, T. Gruber, Experiences in Virtual Reality: a Window to Autobiographical Memory [Электронный ресурс] URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12144-017-9648-y> (дата обращения: 23.03.2024).
3. Общая информация – Национальный детский технопарк [Электронный ресурс] URL: <https://ndtp.by/about-the-technopark/> (дата обращения: 23.03.2024).
4. Движок Unity [Электронный ресурс] URL: <https://unity.com/ru/products/unity-engine> (дата обращения: 23.03.2024).

## SESSION 4. ARTIFICIAL INTELLIGENCE

УДК 004.896

### ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Каршибоев Шароф Абдураупович<sup>1</sup>, Муртазин Эмиль Рустамович<sup>2</sup>, Касимов Анвар  
Мусурманович<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Джизакского политехнического института Джизак, Узбекиста*

Электронная почта авторов

kirenakirka.fr@inbox.ru

Развитие энергетических систем становится все более значимым в контексте стремительных изменений в сфере экологии и технологий. В современном мире эффективность энергопотребления и минимизация негативного воздействия на окружающую среду становятся ключевыми приоритетами. В этом контексте, искусственный интеллект (ИИ) играет важную роль в оптимизации и управлении энергетическими системами. В данной статье мы рассмотрим принципы и стратегии интеграции искусственного интеллекта в проектирование эффективных энергетических систем, а также выявим вызовы, с которыми сталкиваются разработчики и инженеры в этом процессе.

#### **1. Умные сети и управление нагрузкой**

Умная сеть представляет собой современную энергетическую систему, которая интегрирует различные технологии, включая сенсоры, счетчики, системы автоматизации и ИИ, для улучшения эффективности и надежности энергоснабжения. Они позволяют реальному времени мониторить и контролировать энергетическую инфраструктуру, что дает возможность оптимизировать процессы и реагировать на изменения спроса и предложения.

Преимущества управления нагрузкой с применением ИИ:

1. Энергосбережение: Путем оптимизации потребления энергии в зависимости от спроса, управление нагрузкой позволяет снизить потребление электроэнергии и, следовательно, сократить расходы на энергопотребление.

2. Увеличение надежности: Предсказание и управление пиковыми нагрузками помогает снизить вероятность перегрузок и аварийных ситуаций в сети, что повышает надежность и безопасность энергоснабжения [1].

3. Экологическая эффективность: Оптимизация потребления энергии снижает выбросы парниковых газов и негативное воздействие на окружающую среду, способствуя более устойчивому и экологически чистому развитию.

Вызовы перед управлением нагрузкой с применением ИИ:

1. Конфиденциальность данных: Собранные данные о потреблении энергии могут содержать конфиденциальную информацию, поэтому необходимы соответствующие меры безопасности и защиты данных.

2. Инфраструктурные изменения: Внедрение умных сетей и управления нагрузкой может потребовать значительных инвестиций в обновление и модернизацию существующей инфраструктуры.

#### **2. Оптимизация производства и распределения энергии**

В современном мире эффективное производство и распределение энергии становятся все более важными в контексте устойчивого развития и экологической ответственности. Применение искусственного интеллекта (ИИ) в энергетической отрасли открывает новые перспективы для оптимизации процессов производства, распределения и потребления энергии [2].

### Прогнозирование спроса и предложения

Одним из основных преимуществ использования ИИ в энергетике является возможность более точного прогнозирования спроса и предложения на энергию. Алгоритмы машинного обучения анализируют большие объемы данных, такие как исторические данные о потреблении энергии, погодные условия, экономические показатели и другие факторы, чтобы предсказывать будущее потребление энергии с высокой точностью. Это позволяет энергетическим компаниям эффективно планировать производство и распределение энергии, минимизируя риски излишнего или недостаточного производства.

### Управление сетью

Искусственный интеллект также используется для оптимизации работы сетевой инфраструктуры. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о состоянии сети, прогнозируют возможные перегрузки или аварийные ситуации, и предлагают оптимальные стратегии управления энергосистемой. Это позволяет предотвращать аварии, оптимизировать распределение нагрузки и повышать надежность работы энергетической инфраструктуры.

### 3. Мониторинг и обслуживание оборудования

В сфере энергетики надежное функционирование оборудования является критически важным для обеспечения непрерывного энергоснабжения и минимизации потерь. Однако, традиционные методы мониторинга и обслуживания могут быть недостаточно эффективными и реактивными.

Преимущества использования ИИ в мониторинге и обслуживании оборудования:

1. Прогнозирование отказов: Алгоритмы машинного обучения позволяют анализировать данные с датчиков и предсказывать возможные отказы или неисправности оборудования на ранних стадиях [3]. Это позволяет предпринять проактивные меры по предотвращению аварий и уменьшению простоев.

2. Оптимизация расписания обслуживания: Используя данные о состоянии оборудования и его производительности, ИИ помогает оптимизировать расписание технического обслуживания. Это позволяет минимизировать простои и снизить затраты на обслуживание.

3. Управление ресурсами: Алгоритмы машинного обучения могут оптимизировать использование ресурсов, таких как энергия и материалы, что приводит к повышению энергоэффективности и снижению затрат на обслуживание.

### 4. Улучшение энергетической эффективности зданий

В современном мире, где энергопотребление растет, а ресурсы становятся все более ограниченными, повышение энергетической эффективности зданий становится критически важным. Использование искусственного интеллекта (ИИ) представляет собой мощный инструмент для оптимизации энергопотребления и снижения экологического следа зданий.

1. Адаптивное управление системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC)

ИИ позволяет создавать адаптивные системы управления HVAC, которые реагируют на изменяющиеся условия внутри и вне здания. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о температуре, влажности, погоде и потреблении энергии для оптимизации работы системы HVAC, что приводит к сокращению излишнего потребления энергии и снижению затрат.

2. Прогнозирование энергопотребления

Используя данные о характеристиках здания, климатических условиях и поведении пользователей, ИИ помогает прогнозировать энергопотребление здания на основе времени суток, дня недели и сезона [4]. Это позволяет оптимизировать работу систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, а также предупреждать о возможных перегрузках сети.



### 3. Аналитика энергопотребления

ИИ анализирует данные счетчиков энергии и других датчиков, чтобы выявлять паттерны потребления энергии и идентифицировать потенциальные источники излишнего потребления. Это помогает выявить потенциальные меры по сокращению потребления энергии и повышению энергетической эффективности здания.

#### Литература

1. Кузиев, Б. Н., & Муртазин, Э. Р. (2023). ОБРАЗОВАНИЕ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. Экономика и социум, (5-2 (108)), 786-789.
2. Эмиль, М. (2023). ОБЛАСТИ ЗНАНИЙ ДЛЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. Mexatronika va robototexnika: muammolar va rivojlantirish istiqbollari, 1(1), 18-20.
3. Муртазин, Э. Р. (2024). RADIOELEKTRONIKA: KELAJAKGA NAZAR. IQRO INDEXING, 8(2).
4. Кузиев, Б. (2023). ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ. Mexatronika va robototexnika: muammolar va rivojlantirish istiqbollari, 1(1), 14-17.

#### УДК 004.8

### АНАЛИТИЧЕСКИХ ВЫРАЖЕНИЙ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ ЗНАЧЕНИЙ ЛАТЕНТНЫХ ПРИЗНАКОВ

Кудратилло Ахмаджанович Тухтабаев, Эргашева Шоҳсанам Элмурод қизи  
*Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека*  
Электронная почта автора  
ktuhtabayev@gmail.com

В теории интеллектуального анализа данных (ИАД) существуют линейные и нелинейные методы отображения описаний объектов из одного пространства в другое. Во многих случаях линейные модели являются самыми простыми и эффективными лишь с точки зрения реализации вычислительных методов. Нелинейные модели более эффективны, но их сложнее понять и интерпретировать. Таким образом, линейные модели хороши для простых отношений, а нелинейные модели лучше для сложных отношений.

Линейные и нелинейные преобразования данных при решении задач распознавания с учителем применяются для:

- снижения размерности признакового пространства через вычисление латентных признаков;
- распознавания объектов по правилам и прецедентам;
- отбора информативных признаков.

Классическим представлением линейной модели является линейная функция по фиксированному набору количественных признаков  $x_1, x_2, \dots, x_n$  в виде  $w_0 + \sum_{i=1}^n w_i x_i$ ,

где веса  $w_1, w_2, \dots, w_n, w_0$  являются параметрами модели. Создание методов вычисления обобщенных оценок объектов [2] позволило использовать при построении линейных моделей разнотипные (количественные и номинальные) признаки. Применение этих методов расширило возможности для:

- разделения объектов на классы по разнотипным (номинальным и количественным) признакам без всяких предположений о природе среды данных;
- построения ансамблей распознающих алгоритмов по технологии стекинга[3];

- решения проблем Big Data путём выбора латентного признакового пространства [4];
- отбора информативных наборов признаков [4].

### 1. Постановка задачи и метод её решения

Рассматривается задача распознавания в стандартной постановке. Считается, что задано множество объектов  $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ , разделённое на два непересекающихся класса  $K_1$  и  $K_2$ . Описание объектов производится с помощью  $n$  разнотипных признаков  $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ ,  $\xi$  из которых измеряются в интервальных шкалах,  $n - \xi$  – в номинальной.

Считается, что заданы способы вычисления значений функции принадлежности к классам по градациям номинальных признаков и меры компактности объектов классов, определена нелинейная форма синтеза латентных признаков по парам разнотипных признаков.

Требуется определить:

- набор латентных признаков с учётом нелинейности;
- последовательность аналитических выражений для вычисления значений латентных признаков;
- представление функции на алгоритмическом языке для вычисления значений по набору из одного или нескольких латентных признаков в зависимости от распознавания по прецедентам или правилам.

При вычислении функции принадлежности  $f_c(\mu)$  для  $x_c \in X(n)$  к классу  $K_1$  по градации  $\mu \in \{1, 2, \dots, p_c\}$ ,  $p_c \geq 2$  используется  $d_{1c}(\mu)$  ( $d_{2c}(\mu)$ ) – число объектов класса  $K_1$  ( $K_2$ ) со значением  $\mu$ . Значение функции принадлежности  $f_c(\mu)$  к классу  $K_1$  по градации  $\mu \in \{1, \dots, p_c\}$  определяется как

$$f_c(\mu) = \frac{d_{1c}(\mu) / |K_1|}{d_{1c}(\mu) / |K_1| + d_{2c}(\mu) / |K_2|}. \quad (1)$$

Замена градаций признака на значения функции принадлежности объектов к классу  $K_1$  по (1) рассматривается как нелинейное преобразование.

Вес номинального признака  $x_c \in X(n)$  в описании объектов выборки вычисляется через градации из  $\{1, \dots, p_c\}$ . Обозначим через  $g_{1c}^j, g_{2c}^j$  – количество значений градации  $j \in \{1, \dots, p_c\}$  признака  $x_c \in X(n)$  в описании объектов соответственно класса  $K_1$  и  $K_2$ . Межклассовое различие по признаку  $x_c$  определяется как величина

$$\lambda_c = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{p_c} g_{1c}^j g_{2c}^j}{|K_1| |K_2|}. \quad (2)$$

Степень однородности (мера внутриклассового сходства)  $\beta_c$  значений градаций признака по классам  $K_1$  и  $K_2$  вычисляется по формуле:

$$\beta_c = \frac{\sum_{j=1}^{p_c} g_{1c}^j (g_{1c}^j - 1) + g_{2c}^j (g_{2c}^j - 1)}{|K_1|(|K_1| - 1) + |K_2|(|K_2| - 1)}. \quad (3)$$

С помощью (2), (3) вес признака  $x_c \in X(n)$  в номинальной шкале измерений определяется как произведение внутриклассового сходства и межклассового различия

$$w_c = \beta_c \lambda_c. \quad (4)$$

Множество допустимых значений весов признаков, вычисляемых по (4), принадлежит интервалу  $(0; 1]$ .

В качестве границ двух непересекающихся интервалов  $[\pi_1; \pi_2]$ ,  $(\pi_2; \pi_3]$ , определяемых по (4), используются  $\pi_1 = r_1$ ,  $\pi_2 = r_j$ ,  $1 < j < m$ ,  $\pi_3 = r_m$ . Интервалы  $[\pi_1; \pi_2]$  и  $(\pi_2; \pi_3]$

идентифицируются, соответственно, как первый и второй. Вес признака объектов классов по (4) вычисляется как максимум произведения внутриклассового сходства и межклассового различия по критерию

$$\left( \frac{\sum_{d=1}^2 \sum_{i=1}^2 (u_i^d - 1) u_i^d}{\sum_{i=1}^2 |K_i| (|K_i| - 1)} \right) \left( \frac{\sum_{d=1}^2 \sum_{i=1}^2 u_i^d (|K_{3-i}| - u_{3-i}^d)}{2|K_1||K_2|} \right) \rightarrow \max_{\pi_1 < \pi_2 < \pi_3}, \quad (5)$$

где  $u_i^d (u_{3-i}^d)$  – количество значений признака  $x_c \in X(n)$  у объектов из класса  $K_i (K_{3-i})$  в  $d$ -ом интервале.

Обозначим через  $Y(n-q)$  набор из латентных и исходных признаков на  $q$ -ом шаге иерархической группировки,  $Y(n)=X(n)$  при  $q=0$ . Проверке условия включения признака  $y_p \in Y(n-q)$  в группу  $G \in \mathcal{B}$  предшествует нормирование его значений с использованием границ интервала  $[\pi_{1p}; \pi_{2p}] (\pi_{2p}; \pi_{3p}]$  по формуле

$$a_p = (y_p - \pi_{2p}) / (\pi_{3p} - \pi_{1p}). \quad (6)$$

Для количественного признака значения границ интервалов  $[\pi_{1p}; \pi_{2p}] (\pi_{2p}; \pi_{3p}]$  определяются по критерию (5). После замены градаций номинального признака на значения функции принадлежности (1) выбор границ  $\pi_{1p}, \pi_{3p}$  аналогичен (5), а в качестве значения  $\pi_{2p}$  используется (2).

Синтез значений латентного признака  $y \in Y(n-q-1)$  с нормированием по (6) для пары  $(y_i, y_j) \subset Y(n-q)$  производится по формуле

$$y = \eta_{ij} (t_i w_i a_i + t_j w_j a_j) + (1 - \eta_{ij}) t_{ij} w_{ij} (a_i a_j - \pi_{2ij}) / (\pi_{3ij} - \pi_{1ij}), \quad t_i, t_j, t_{ij} \in \{-1, 0, 1\}, \quad \eta_{ij} \in [0, 1], \quad (7)$$

где  $w_i, w_j, w_{ij}$  – веса признаков и значения границ  $[\pi_{1ij}; \pi_{2ij}] (\pi_{2ij}; \pi_{3ij}]$ , определяемые по (5).

### Вычислительный эксперимент

Для эксперимента использовались 2 выборки данных. Целью было демонстрация применения нелинейных преобразований для распознавания по правилам и прецедентам. Примером использования латентных признаков для распознавания по прецедентам являются данные выборки heart [5] из 270 объектов с соотношением классов  $|K_1|:|K_2| = 150:120$ . Число признаков 13 из них 7 количественных, 6 номинальных. Составы 4-х латентных признаков и их параметры приводятся в табл. 2.

Таблица 1. Набор латентных признаков

| № п/п | Состав признака   | Мера компактности (5) | Точность |
|-------|---|-----------------------|----------|
| 1     | (Количество основных сосудов, thal:3=нормальный;6=фиксированный дефект; 7=обратимый дефект), Тип боли в груди), Достигнутый максимальный сердечный ритм), Oldreak=депрессия ST), Наклон пикового напряжения ST сегмент) | 0,5345                | 84,07%   |
| 2     | (Покоящее кровяное давление, Упражнение индуцированной стенокардии), Результаты электрокардиографии покоя)  | 0,3641                | 72,96%   |
| 3     | (Возраст, Пол), Уровень сахара в крови натощак)   | 0,3245                | 68,89%   |
| 4     | Холестеральная сыворотка  | 0,2685                | 60,00%   |

## Литература

1. Саидов Д.Ю. Информационные модели на основе нелинейных преобразований признаков пространства в задачах распознавания. Автореферат диссертация доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам. Ташкент, 2017.
2. Мадрахимов Ш.Ф. Системы обнаружения скрытых закономерностей на базе методов вычисления обобщенных оценок: Диссертация доктора по техническим наукам. Ташкент, 2020.
3. Ignatiev N. A. On Nonlinear Transformations of Features Based on the Functions of Objects Belonging to Classes // Pattern Recognition and Image Analysis. 2021. V. 31. № 2. P. 197–204.
4. Рахимова М. А. О количественной оценке состояния здоровья по возрастным группам // III Международное книжное издание стран Независимых Государств «Лучший молодой ученый-2021». 2021. С.73-77.
5. <https://archive.ics.uci.edu/dataset/45/heart+disease>

## УДК 004.8

### ЦЕНЗУРИРОВАНИЕ ОБУЧАЮЩИХ ВЫБОРОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ

Турсунмуротов Даврбек Худаёрович  
*Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека*  
Электронная почта автора  
mr.davrbek@mail.ru

Цензурирование обучающих выборок рассматривается как важная часть процесса машинного обучения. Основными целями цензурирования являются повышение обобщающей способности и снижение сложности алгоритмов. Реализация этих целей, как правило, связана с формированием обучающих выборок через поиск и удаление шумовых объектов и признаков [1–3]. Специфику цензурирования для метрических алгоритмов распознавания в работе [2] предложено рассматривать через меру компактности объектов классов и выборки в целом.

Процедура цензурирования в [4] предусматривала коррекцию диагностируемых объектов на примере выборок данных из области медицины. Смысл коррекции заключался в удалении таких объектов или исправлении ошибки в диагностируемом (целевом) признаке. Реализация процедуры основана на анализе изменений в оценке делимости объектов классов, вычисляемой до и после внесения исправлений при использовании функции конкурентного сходства. Отказ от фильтрации испорченных объектов мотивировался тем, что такие действия могут отрицательно отразиться на представительности обучающей выборки.

В работе [5] отмечено наличие влияния шумовых объектов на структуру отношений объектов обучающих выборок в метрических алгоритмах. Утверждалось, что множество шумовых объектов является подмножеством граничных по заданной метрике. Интерес к граничным объектам связан с использованием их для вычисления отношений связанности объектов классов по системе гипершаров.

Процесс поиска минимального покрытия в работе [5] реализован жадным алгоритмом. По этой причине шумовые объекты могут быть выбраны в качестве эталонов и повлиять на обобщающую способность алгоритмов распознавания в сторону ее уменьшения. Поскольку задачи распознавания являются некорректными, встает вопрос о наличии оптимального решения – получения максимума значения меры компактности. Поиск оптимального решения осуществлен через соотношение между числом эталонов минимального покрытия и числом определяемого состава удаляемых

шумовых объектов. Для проверки принадлежности к множеству шумовых объектов предложено использовать дополнительный критерий – регуляризатор.

### Постановка задачи

Рассмотрим задачу распознавания в стандартной постановке. Будем считать, что задано множество из  $m$  объектов  $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$  разделённое на  $l$  непересекающихся классов  $K_1, \dots, K_l$ . Описание объектов производится с помощью  $n$  разнотипных признаков  $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ ,  $\xi$  из которых измеряются в интервальных шкалах,  $n - \xi$  – в номинальной. На множестве объектов  $E_0$  задана метрика  $\rho(x, y)$ .

Процесс формирования минимального покрытия обучающей выборки эталонами [5] реализуется путем последовательного выполнения следующих этапов:

- выделение множества граничных объектов классов  $B(E_0, \rho)$  по заданной метрике  $\rho(x, y)$ ;
- поиск и удаление шумовых объектов  $T \subset B(E_0, \rho)$  из множества граничных;
- разбиение объектов классов на непересекающиеся группы по отношению связанности по множеству граничных на  $E = E_0 \setminus T$ ;
- формирование минимального покрытия из эталонов по каждой группе.

### Поиск шумовых объектов из множества граничных

Выполним оценку типичности граничного объекта по отношению двух ближайших от него расстояний до объектов из своего класса и его дополнения. Решение о включении (не включении) граничного объекта в множество шумовых принимается на основе анализа этого отношения. Для анализа требуется определить пороговое значение  $\lambda$  и условия, на основе которых принимается решение.

На множестве граничных объектов  $B = B(E_0, \rho)$  сформируем множество пар  $BG = \{(S_i, S_j)\}$ ,  $S_i \in K_t \cap B, t \geq 2, S_j \in CK_t \cap B, \rho(S_i, S_j) = \min_{S_v \in B \cap CK_t} \rho(S_i, S_v)$ . Для  $(S_i, S_j) \in BG$  введём обозначения  $r(S_i) = \rho(S_i, S_j), d(S_i) = \rho(S_i, S_v)$ , где  $S_v = \arg \min_{S_a \in E_0 \cap CK_t \setminus \{S_i\}} \rho(S_j, S_a)$ . Аналогично для  $S_j \in CK_t \cap B$  определим  $r(S_j) = \rho(S_k, S_j) = \min_{S_v \in B \cap K_t} \rho(S_v, S_j), d(S_j) = \rho(S_j, S_\mu)$ , где  $S_\mu = \arg \min_{S_a \in E_0 \cap CK_t \setminus \{S_j\}} \rho(S_k, S_a)$ .

Отношение  $\frac{r(S_i)}{d(S_i)} < \lambda, 0 < \lambda < 1$  рассматривается как необходимое условие отнесение объекта  $S_i \in K_t \cap B$  к множеству шумовых. Достаточным условием является

$$\frac{r(S_i)}{d(S_i)} < \lambda \quad \text{and} \quad \frac{r(S_j)}{d(S_j)} \geq \lambda. \quad (1)$$

принадлежности граничного объекта  $S_i \in K_1$  к множеству шумовых на выборке  $E_0 = K_1 \cup K_2$  определяется по (1). Значение  $\lambda$ , определяемое по (1) в качестве параметра (коэффициента) регуляризатора, применяется для поиска экстремального значения меры компактности при фиксированных факторах.

Результаты, полученные при регуляризации отношений связанности объектов классов, востребованы при построении моделей, основанных на знаниях, в слабоструктурированных предметных областях. Рекомендуются следующие варианты применения:

1. распознавание объектов с минимальными затратами вычислительных ресурсов;

2. анализ кластерной структуры объектов и свойств эталонов минимального покрытия;
3. исследование причин появления шумовых объектов.

Оптимальное значение меры компактности позволяют отслеживать переобучение алгоритмов, связанное с проблемой проклятия размерности при машинном обучении. Индикатором переобучения служит уменьшение значения меры компактности и снижение обобщающей способности алгоритмов при росте числа признаков. Размерность пространства, выше которого фиксируется наличие переобучения, определяется при проведении вычислительного эксперимента.

Эталонные объекты являются предметом отдельного исследования как типичные представители групп. Шумовые (нетипичные) объекты (вариант 3) рассматриваются как выбросы или отклонения от эмпирических закономерностей. Например, по социологическим данным уровень потребления респондента существенно различается от уровня заявленных им доходов.

#### Вычислительный эксперимент

Для демонстрации влияния коэффициентов регуляризации на значение меры компактности (1) связи коэффициентов с обобщающей способностью алгоритмов метода ближайшего соседа были использованы данные German. Связь коэффициентов регуляризации с результатами отбора шумовых и эталонных объектов на данных German по метрике Журавлёва показана в табл. 1. Описание каждого из 1000 объектов выборки при соотношении классов  $|K1|:|K2|=700:300$  производилось 7-ю количественными и 13-ю номинальными признаками.

Таблица 1. Отбор шумовых и эталонных объектов на данных German в зависимости от значений коэффициентов регуляризации по метрике Журавлёва

| Коэффициент<br>Регуляризации | Число объектов |                | Среднее по<br>эталону (2) |
|------------------------------|----------------|----------------|---------------------------|
|                              | шумовых        | эталонов       |                           |
| 0,5                          | 42             | 267 (126, 141) | 3,4373                    |
| 0,6                          | 60             | 259 (120, 139) | 3,4116                    |
| 0,7                          | 54             | 259 (112, 147) | 3,4553                    |
| 0,8                          | 42             | 260 (114, 146) | 3,5299                    |
| 0,9                          | 27             | 277 (127, 150) | 3,4178                    |

#### Литература

1. Борисова И.А., Кутненко О.А. Цензурирование ошибочно классифицированных объектов выборки // Машинное обучение и анализ данных. 2015. № 11. С. 1632–1641.
2. Загоруйко Н.Г., Кутненко О.А. Цензурирование обучающей выборки // Вестн. Томского гос. ун-та. Сер. Управление, вычисл. техника и информатика. 2013. № 22. С. 66–73.
3. Кутненко О.А., Плясунов А.В. NP - трудность некоторой задачи цензурирования данных // Дискретн. анализ и исслед. опер. 2021. Т. 28. Вып. 2. С. 60–73.
4. Борисова И.А., Кутненко О.А. Исправление диагностических ошибок в целевом признаке с помощью функции конкурентного сходства // Математическая биология и биоинформатика. 2018. № 1. С. 38–49.
5. Ignatyev N.A. Structure Choice for Relations between Objects in Metric Classification Algorithms // Pattern Recognition and Image Analysis. 2018. N 4. P. 590–597.

### SHAXSNI TANIB OLISHDA BIOMETRIK TEXNOLOGIYALAR: AFZALLIK VA KAMCHILIKLARI

G'afurov Nuraddin Yorkin o'g'li<sup>1, a)</sup>

<sup>1</sup>Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti  
Muallif elektron pochta

Jahonda biometrik texnologiyalarga asoslangan intellektual tizimlarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Ushbu yo'nalishda biometrik autentifikatsiyalash usul va algoritmlarini ishlab chiqish, takomillashtirish hamda amalga oshirish dolzarb masalalardan biri bo'lib qolmoqda.

Hozirgi kunda biometrik autentifikatsiyalashning statistik va dinamik usul va algoritmlarini takomillashtirish, ishlab chiqish hamda texnik qurilmalarini yaratishga yo'naltirilgan keng qamrovli ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Jumladan, identifikatsiyalash va autentifikatsiyalash yo'nalishida BIO-key, eyelock, IRIDIDE, NEC va Softprom kabi yirik kompaniya va korporatsiyalar etakchilar hisoblanadi. Sun'iy intellekt texnologiyalari asosida biometrik ma'lumotlarga ishlov berish, tanib olish sifati va tezligini oshirish, shuningdek hujumlardan himoyalashning samarali vositalarini ishlab chiqish, takomillashtirish, optimallashtirish hamda autentifikatsiyalashni ishonchli avtomatlashtirilgan tizimlari va qurilmalarini yaratishga katta e'tibor qaratilmoqda.

**Asosiy qism.** Respublikamizda ham ushbu yo'nalishda biometrik ma'lumotlariga dastlabki ishlov berish, tahlil qilish va tanib olishga mo'ljallangan apparat-dasturiy vositalarni ishlab chiqish va joriy etishga alohida e'tibor qaratilmoqda. «Raqamli O'zbekiston – 2030» strategiyasida, jumladan «idoraviy raqamli infratuzilmaning axborot xavfsizligini, shuningdek, elektron ma'lumotlar va hujjatlarning himoyasini ta'minlash, «aqli» va «xavfsiz» shahar loyihalarini izchil amalga oshirish bo'yicha ilmiy ishlarni olib borish»<sup>1</sup> hamda «Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida»gi Prezident qarorining 2021-2022 yillarda sun'iy intellekt texnologiyalarini o'rganish va joriy etish bo'yicha chora-tadbirlar dasturida «...sun'iy intellekt texnologiyalari asosida ishlab chiqilgan dasturlarning xavfsiz ishlashi, yuzaga kelishi mumkin bo'lgan xatarlarning oldini olish, shuningdek, foydalaniladigan ma'lumotlarning konfidensialligini ta'minlash» kabi ustovor vazifalar belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda biometrik identifikatsiyalash va autentifikatsiyalash dasturiy va texnik vositalarni boshqarish tizimlarini yaratish muhim va dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Ushbu masalalarni samarali echish biometrik ma'lumotlarga raqamli ishlov berish model, biometrik belgilarni haqiqiylikni asoslovchi o'ziga xos belgilar majmuasini shakllantirishni inobatga olgan holda rivojlantirish shuningdek, shaxsiy ma'lumotlarini kuchli himoyalashning avtomatlashtirilgan tizimlarni ishlab chiqishni talab qiladi.

Hozirda biometrik texnologiyalar insonning quyidagi o'zgaras biologik belgilariga asoslangan: Klassik misollar – yuz tuzilishi, barmoq izi, irisi yoki kaftni skanerlash; odamning klaviaturada yozishi, yurishi, gapirishi va boshqalar. Insonning ushbu biologik belgilaridan foydalanish turli xil aniqliklarga erishishga imkon beradi. Biz ushbu maqolada hozirda keng qo'llanilayotgan biometrik tizimlar bo'yicha shaxsni tanish masalalariga to'xtalib o'tishni lozim topdik [1].

Har bir texnologiyaning ham o'ziga yarasha afzallik va kamchilik taraflari mavjud. Quyida biometrik texnologiyalardan biri – “Yuzni tanib olish tizimi” ning o'ziga xos afzallik va kamchiliklari to'g'risida gaplashamiz.

Yuzni tanib olishning afzalliklari. Yuzni tanish tizimi smartfon qulfini ochishdan tashqari, boshqa bir qancha afzalliklarga ham ega: 1) xavfsizlikni oshirish, Hukumat darajasida yuzni tanish yoki boshqa jinoyatchilarni aniqlashga yordam beradi; 2) Jinoyatlarni kamaytirish. Yuzni tanib olish o'g'rilar va huquqbuzarlarni izlashni osonlashtiradi; 3) Qulaylik yaratish. Texnologiya keng tarqalib borar ekan, mijozlar do'konlarda xarid uchun kredit kartalari yoki naqd pullardan emas, balki yuzlaridan foydalangan holda to'lashlari mumkin; 4) Tezroq ishlash. Yuzni tanib olish jarayoni atigi bir soniya davom etadi, bu esa yuzni tanishdan foydalanadigan kompaniyalar uchun foydalidir [5].

Yuzni tanib olishning kamchiliklari. Yuzni tanib olishning ba'zi kamchiliklari va muammolari quyidagilarni o'z ichiga oladi: 1) Nazorat. Ba'zilar hamma joyda mavjud bo'lgan

videokameralar, sun'iy intellekt va ma'lumotlar tahlili bilan bir qatorda yuzni tanishdan foydalanish ommaviy kuzatuv uchun imkoniyat yaratadi, bu esa shaxsiy erkinlikni cheklashi mumkin; 2) Xatolik doirasi. Yuzni tanib olish ma'lumotlari xatolikdan xoli emas, bu esa odamlarning o'zlari qilmagan jinoyatlarga aloqador bo'lishiga olib kelishi mumkin; 3) Katta hajmdagi ma'lumotlarni saqlash. Yuzni aniqlash dasturiy ta'minoti mashinani "o'rganish, tanib olish" texnologiyasiga tayanadi, bu aniq natijalarni berish uchun katta ma'lumotlar to'plamini talab qiladi. Bunday katta ma'lumotlar to'plamlari mustahkam ma'lumotlarni saqlashni talab qiladi [3].

Biometrik ma'lumotlar odatda eng ishonchli autentifikatsiya usullaridan biri hisoblansada, u ham katta xavf tug'diradi [3]. Buning sababi, agar kimningdir kredit karta ma'lumotlari buzilgan bo'lsa, u o'z kreditini muzlatib qo'yishi va buzilgan shaxsiy ma'lumotlarini o'zgartirish choralari ko'rishi mumkin. Butun dunyo bo'ylab biometrik ma'lumotlarni saqlaydigan va qayta ishlaydigan infratuzilma qanchalik xavfsiz? Shaxsni tanish dasturiy ta'minoti hali o'zining nisbiy rivojlanish bosqichida bo'lganligi sababli, bu sohani tartibga soluvchi qonuniyatlardan hamon rivojlanmoqda. Zamonaviy mobil qurilmalarda shaxsni tanishdan foydalanib tizimga kirish ham mumkin. Foydalanuvchilarni autentifikatsiya qilishning ushbu usuli qurilmalarda o'rnatilgan kamera mavjudligidan foydalanadi. Boshqa tomondan, ushbu qurilmalarni aldash kameraga haqiqiy foydalanuvchining harakatsiz fotosuratini ko'rsatish kabi oddiy ekanligi isbotlangan [2].

Iris yoki qo'l geometriyasini skanerlash kabi boshqa usullar an'anaviy uy yoki kichik ofis foydalanuvchilari sohasida hali ham ilmiy fantastika hisoblanadi. Shuni ham ta'kidlash kerakki, foydalanuvchi biometrik usullarni qo'llashda qurilmalarida foydalanish qulayligi asosiy omil hisoblanadi. Shaffoflik, ishonchlilik va aniqlik foydalanuvchilarning qabul qilinishini ta'minlash uchun birga keladi .

Hozirgi vaqtda tizimlarda biometrik ma'lumotlarni o'qish uchun eng ko'p talab qilinadigan vosita qurilmadir. Ehtimol, ushbu qurilmalarda yangi biometrik identifikatsiya texnologiyalari joriy etiladi. Ushbu maqolada biz tavsiya etadigan biometrik usul **klaviatura bosish dinamikasiga** asoslangan. Foydalanuvchi klaviaturada yozishda mavjud bo'lgan tabiiy ritmdan foydalanadi. Ushbu ritm har bir inson uchun o'ziga xos bo'lishi va ularni aniqlash, autentifikatsiya qilish, doimiy monitoring qilish yoki hatto tasniflashning haqiqiy usuli bo'lishi mumkin [4]. Boshqa biometrik tizimlar bilan solishtirganda, juda oson va eng muhimi, qimmat emas.

### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abdullayev, Axrorbek. (2023). 487 Biometrik autentifikatsiya tizimining afzalliklari va kamchiliklari. 10.5281/zenodo.10393725.
2. Lobar Dilmurod Qizi Normurodova (2021). Biometriya. biometrik tanib olish va biometrik identifikatsiyalash. Academic research in educational sciences, 2 (5), 634-638. doi: 10.24411/2181-1385-2021-00937
3. <https://texnokun.uz/?p=3522> Yuzni tanib olish texnologiyasi: afzallik va kamchiliklari.
4. Расулмухамедов Махамадазиз Махамадаминович, Гаффаров Нуриддин Ёркин Угли, & Ташметов Комолиддин Шухрат Угли (2023). РАСПОЗНАВАНИЕ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА НА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ. Universum: технические науки, (5-1 (110)), 64-68.
5. G'afforov, N., & Rasulmexamedov, M. (2022). TRANSPORT SOHASIDA BIOMETRIK YECHIMLAR. Актуальные вопросы развития инновационно-информационных технологий на транспорте, 1(1), 216–218. <https://doi.org/10.47689/978-9943-7818-0-1-pp216-218>



# ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

О.В.Порубай<sup>1,а)</sup>

<sup>1</sup> Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий им.  
Мухаммада аль-Хорезми, Фергана, Узбекистан

Электронная почта автора

<sup>а)</sup> oksanaporubay@gmail.com

Для применения технологии Smart Grid при проектировании электроэнергетических систем (ЭЭС), главным условием реализации является наличие активных, настраиваемых и управляемых элементов электроэнергетических объектов (ЭЭО). Следующим моментом является наличие автоматических систем контроля, анализа и управления распределением энергоресурсов в ЭЭС в режиме онлайн. При этом важным моментом является интеллектуализация процессов распределения и потребления энергоресурсов с применением технологии Smart Grid, как на аппаратном, так и на программном уровне [1]-[3].

Выходом из сложившейся ситуации является эволюционный переход от существующих систем управления ЭЭС к системам управления электрических сетей с применением концепции Smart Grid, позволяющей уменьшить количество многих параметров при решении оптимизационных задач, связанных с определением потерь потоков мощности ЭЭС [4], [5].

Основным направлением для отмеченных систем является разработка объектов с наивысшей степенью автоматизации.

Опишем состояние ЭЭС математической моделью:

$$\begin{aligned}x_{h+1} &= x_h + T(x_h, H_k) \cdot v_k + G(x_k, H_k) \cdot \zeta_k, \\v_k &= \varphi(x_k, H_k) + \eta_k\end{aligned}\quad (1)$$

где  $x_h$  – вектор управляющих воздействий;  $x_k$  – вектор состояния ЭЭС;  $v_k$  – вектор измеряемых величин;  $H_k$  – матрица параметров электроэнергетической сети;  $T, G$  – нормирующие матрицы;  $\zeta_k, \eta_k$  – случайные факторы;  $\varphi$  – вектор нелинейной функции.

Из (1) можно увидеть, что на динамику ЭЭС значительное влияние оказывают случайные воздействия, что вызывает определенные трудности в задаче управления процессами транспортировки и потребления электроэнергии. Эти и другие факторы сложности управления ЭЭС, обуславливают применение принципов концепции Smart Grid в виде программно-алгоритмического комплекса управления режимами работы ЭЭС, что является одной из главных задач оптимизации режимов работы ЭЭС в режиме реального времени. Для решения этой задачи используются разные методы, с различной степенью эффективности [6]:

- методы, основанные на замене систем, с неопределёнными параметрами, на аналогичные системы с детерминированными данными;
- методы, основанные на применении принципов стохастической оптимизации;
- методы, основанные на применении принципов многокритериальной оптимизации;
- методы интеллектуальных технологий, к которым можно отнести методы нечеткой логики, нейронную сеть и искусственную нейронную сеть (ИНС).

Анализ существующих методов исследования динамических объектов показал, что наиболее удобным математическим аппаратом для создания системы управления режимами работы ЭЭС, является применение гибридной нейронной сети, включающей

в себя ИНС и НАС [7], [8]. Применение программно-аппаратных комплексов для региональных ЭЭС, в рамках концепции Smart Grid, представляется наиболее эффективным именно в таких условиях. В процессе перехода к структурам, основанных на концепции Smart Grid, в качестве базового метода, отдельное внимание заслуживает применение метода интеллектуализации подходов НАС, которые объединяют в себе достоинства нейронных сетей и сетей с нечёткой логикой [9].

В рамках концепции Smart Grid разработано формализованное описание обобщённой структурной схемы системы управления ЭЭС на базе ИНС/НАС [116; с.30-34], которая имеет иерархическую структуру и состоит из двух уровней (рис. 1.5): уровень транспортировки электроэнергии (верхний) и уровень управления нагрузкой потребителя (нижний). На верхнем уровне решаются задачи оптимизации выработки управляющих воздействий с учетом динамики параметров ЭЭС. При этом введены дополнительно блоки задержки ( $z^{-m}$ ,  $z^{-n}$ ), позволяющие учесть задержку передачи электроэнергии в системе. А на нижнем уровне структуры ЭЭС находится локальная система управления технологическими параметрами подсистем ЭЭС, предназначенная для компенсации изменения структуры и нагрузки в электрических сетях. В контур управления дополнительно включен алгоритм обучения, позволяющий определить значение нейронной сети на основе изменения технологических параметров системы управления с учетом информации о потреблении электроэнергии в режиме реального времени [11].

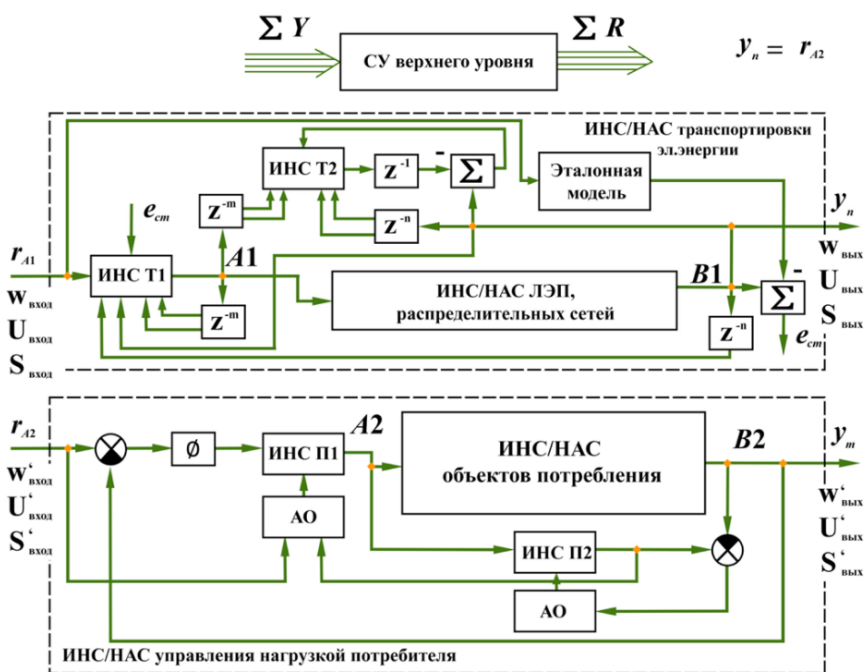


Рис. 1. Структурная схема системы управления ЭЭС с применением ИНС и НАС

Следует отметить, что предложенный подход позволяет дать адаптивные свойства структуре системы управления ЭЭС и является обратимыми при изменении и дополнении параметров, в зависимости от предложенного критерия применимости. Основной задачей рассматриваемой топологии является совершенствование методов энергоэффективности (транспорт) и энергосбережения (узлы энергоснабжения) путем нахождения глобальных целевых функций за счет совместной работы ИНС и НАС.

Применение НАС для прогнозирования, управления и оптимизации режимов работы ЭЭС позволяет повысить свойства интеллектуальности и адаптируемости процессов управления систем энергопотребления при наличии различных видов неопределенностей режимов работы оборудования энергосистемы, а также вероятностный характер внешних воздействий.

## Литература

1. Porubay O. V. Decision-making under conditions of definition and risk based on strict methods // *Chemical Technology, Control and Management*. 2020, №. 5. – pp. 77-82. (05.00.00, №12)
2. Siddikov I., Porubay O. Neural network model of decision making in electric power facilities under conditions of uncertainty // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2021, vol. 304 (01001), pp. 1-7. (3, Scopus, IF=0,38)
3. Siddikov I., Porubay O., Mirjalilov O. An algorithm for optimizing short-term modes of electric power systems, taking into account the conditions of the nature of the probability of the information flow of data // *Journal of Physics: Conference Series*. – IOP Publishing, 2022, vol. 2373, №. 8 (082014), pp. 1-9. (3, Scopus, IF=0,21)
4. Porubay O., Siddikov I., Madina K. Algorithm for optimizing the mode of electric power systems by active power // *2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*. – IEEE, 2022, pp. 1-4. (3, Scopus, IF=0.66)
5. Siddikov I. K., Porubay O. V. Neuro-fuzzy system for regulating the processes of power flows in electric power facilities // *AIP Conference Proceedings*. – AIP Publishing, 2022, vol. 2432, №. 1, pp. 1-5. (3, Scopus, IF= 0.189)
6. Siddikov I. K., Porubay O. V. Algorithm for optimizing the operation mode of an electric power object under uncertainty on the basis of regression models // *Chemical Technology, Control and Management*. – 2022, №. 6. – pp. 54-60. (05.00.00, №12)
7. Siddikov I. K., Porubay O. V. Application of evolutionary algorithms for optimization of operation modes of regional electric power systems // *Chemical Technology, Control and Management*. – 2023, №. 4. – pp. 43-48. (05.00.00, №12)
8. Сиддиков И.Х., Порубай О.В. Нейросетевая модель принятия решений в электроэнергетических объектах в условиях неопределенности // *Научно-технический журнал ФерПИИ*. – 2023, Т. 27, №. 2. – С. 98-105. (05.00.00, №12)
9. Сиддиков И.Х., Порубай О.В. Нейро-аналитическая система оптимизации процессов энергопотока в объектах электроэнергетики // *Журнал “Приборы”*. – 2023, №. 9 (279). – С. 30-34. (05.00.00, №63)
10. Сиддиков И.Х., Порубай О.В., Хасанова М.У. Нейро-нечеткая система регулирования процессов энергопотока в электроэнергетических объектах // *Научный вестник НамГУ*. – 2023, №. 1. – С. 37-44.
11. Isamidin Siddikov, Oksana Porubay, Temurbek Rakhimov. Synthesis of the neuro-fuzzy regulator with genetic algorithm // *International Journal of Electrical and Computer Engineering*. – 2024, vol. 14, №. 1. – pp. 184-191. (3, Scopus, IF= 0.376)

## УДК 004.8

### ОБ ОЦЕНКАХ КАЧЕСТВА КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Игнатъев Николай Александрович

*Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека*

Электронная почта автора

n\_ignatev@rambler.ru

Для обоснования результатов разбиения объектов на группы алгоритмами кластерного анализа были введены специальные критерии и аксиомы. Доказана теорема невозможности Клейнберга [1] об отсутствии оптимального алгоритма кластеризации. Выводы основываются на трёх аксиомах (о масштабной инвариантности, полноте и согласованности), которые одновременно не могут выполняться при кластерном анализе.

Особенности реализации ряда алгоритмов не позволяют применять к их результатам существующие меры оценки качества кластерного анализа. К числу таковых особенностей относятся:

- кластеры имеют сложную и изначально неопределяемую форму конфигурации;
- существуют выбросы в виде объектов выборки, принадлежность к группам которых не определена;
- отношения между объектами становятся размытыми из-за высокой размерности признаков пространства (проклятие размерности).

Предлагаются следующие варианты для анализа данных через классификацию:

- между составами групп и классов существует взаимно-однозначное соответствие;
- объекты групп и выбросов представлены в разных классах.

Исследование отношений объектов классов, аналогично описанным в [2], основывается на гипотезе о компактности. Количественными показателями отношений являются новые внешняя и внутренняя меры для оценки качества кластерного анализа.

### **1. Кластерный анализ на основе плотности распределения и учета выбросов в данных**

Предлагается двухэтапный процесс реализации кластерного анализа структуры отношений объектов с использованием алгоритма DBSCAN. Вычисление статуса объекта достижимый, граничный и выброс по параметрам  $k$  и  $\varepsilon$  на первом этапе рассматриваются как информация для задания значения целевого признака при классификации. По классификации объектов на основе их статусов определяется правило, согласно которого представители из разных классов не должны входить в одни группы, сформированными по отношению связанности объектов по системе пересекающихся гипершаров. Использование правила является гарантом единственности числа групп и их состава на втором этапе.

Многообразие разбиений объектов на два класса  $K_1$  (достижимые, граничные) и  $K_2$  (выбросы) ограничено и зависит от выбора значений параметров  $k$  и  $\varepsilon$ . Соотношение между числом достижимых и граничных объектов с одной стороны и выбросов с другой влияет на число объектов-эталонов минимального покрытия. Это влияние предлагается исследовать через новые внешние и внутренние меры оценки качества кластеризации. Значение внешней меры вычисляется как мера компактности объектов при условии единственности числа групп и мощности их составов по каждому классу. В качестве значения внутренней меры используется соотношение внутрикластерного сходства и межкластерного различия, вычисляемое по множеству объектов-эталонов минимального покрытия.

Применение новых мер оценки качества кластеризации позволяет делать выводы об эффективности использования для группировки различных метрик, способов нормирования данных, отбора наборов признаков и т.д. Эти выводы рассматриваются как источник нового знания для экспертов из предметных областей, получаемых ими при проверке своих гипотез на данных через решение задачи кластерного анализа из ограниченного числа многообразий группировок объектов.

Предлагается следующий перечень исследований по кластерному анализу.

1. По классу  $K_1$  вычислить и сравнить значения меры компактности групп, сформированных по алгоритму DBSCAN и по отношению связанности;
2. Оценить результаты разбиения на группы в  $K_1$  и  $K_2$  по отношению связанности по внутренней и внешней мерам качества кластеризации.

### **2. Постановка задачи. Меры оценки качества кластеризации**

В множестве (выборке)  $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$  каждый объект  $S_i \in E_0$  описывается набором разнотипных признаков  $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ . По заданным параметрам из  $k$  ближайших соседей по метрике  $\rho(x, y)$  и радиусу гипершара  $\varepsilon$  объекты выборки  $E_0$  разделяются на непересекающиеся множества из  $D$  достижимых,  $\Gamma$  граничных и  $V$  выбросов,  $D \cup \Gamma \cup V = E_0$ .

При условии  $1 < |V| < m$  по  $E_0$  формируются два класса  $K_1 = DUG$  и  $K_2 = V$ , на которых определяется отношение связности объектов по системе пересекающихся гипершаров. Объекты  $S_i, S_j \in K_q$ ,  $q = 1, 2$  считаются связанными между собой ( $S_i \leftrightarrow S_j$ ), если

$$\{S \in B(E_0, \rho) | \rho(S, S_i) < r_i \text{ and } \rho(S, S_j) < r_j\} \neq \emptyset, \quad (1)$$

где  $r_i(r_j)$  – расстояние до ближайшего от  $S_i(S_j)$  объекта из  $K_{3-q}$  по метрике  $\rho(x, y)$ ,

$B(E_0, \rho) = \left\{ S \in E_0 \left| \rho(S_u, S) = \min_{S_u \in K_q, S_v \in K_{3-q}} \rho(S_u, S_v), u = 1, \dots, m \right. \right\}$  – множество граничных объектов классов, определяемое на  $E_0$ .

Множество  $G_{qv} = \{S_{v_1}, \dots, S_{v_c}\}$ ,  $c \geq 2$ ,  $G_{qv} \subset K_q$ ,  $q = 1, 2$ ,  $v < |K_q|$  представляет область (группу) со связанными объектами в классе  $K_q$ , если для любых  $S_{v_i}, S_{v_j} \in G_{qv}$  существует путь  $S_{v_i} \leftrightarrow S_{v_k} \leftrightarrow \dots \leftrightarrow S_{v_j}$ . Объект  $S_i \in K_q$  принадлежит группе из одного элемента и считается несвязанным, если не существует пути  $S_i \leftrightarrow S_j$  ни для одного объекта  $S_j \neq S_i$  и  $S_j \in K_q$ .

Множество  $B(E_0, \rho)$  используется для описания объектов  $E_0$  в пространстве из бинарных признаков по таблице  $T = \{t_{ij}\}_{m \times d}$ ,  $d = |B(E_0, \rho)|$ . Значение элемента таблицы  $t_{ij} = 1$ , если выполняется условие (1) и  $t_{ij} = 0$  в противном случае. По таблице  $T$  определяется минимальное число групп из связанных и несвязанных объектов классов. Составы групп не пересекаются и представлены объектами класса  $K_1$  или  $K_2$ .

Считается, что на  $K_1 \cup K_2$  определены процедуры:

- вычисления меры компактности по результатам алгоритмов разбиения на группы в зависимости от количества и мощности их составов;
- отбора минимального покрытия эталонами по группам.

Требуется:

- разработать внешние и внутренние меры оценки качества кластеризации с учётом значений компактности классов и минимального покрытия их эталонами;
- определить условия коррекции состава групп с произвольной конфигурацией по оценкам качества кластеризации.

**Внешняя мера оценки качества кластеризации.** Пусть  $G_{11}, \dots, G_{1u}$  ( $G_{11} \cup \dots \cup G_{1u} = K_1$ ),  $u \geq 1$  и  $G_{21}, \dots, G_{2v}$  ( $G_{21} \cup \dots \cup G_{2v} = K_2$ ),  $v \geq 1$  множества непересекающихся групп, полученных по отношению связности объектов (1) по классам  $K_1$  и  $K_2$ . Каждая группа определяется по непересекающемуся подмножеству граничных объектов  $B(E_0, \rho)$ , принадлежащих одному из классов  $K_1$  или  $K_2$ . Мера компактности кластеров (далее внешняя мера) по классам и выборки в целом [2] используется для оценки качества кластеризации и вычисляется как

$$\Omega(K_1) = \frac{|G_{11}|^2 + \dots + |G_{1u}|^2}{|K_1|^2}, \quad (2)$$

$$\Omega(K_2) = \frac{|G_{21}|^2 + \dots + |G_{2v}|^2}{|K_2|^2}, \quad (3)$$

$$\Omega(E_0) = (|K_1| \Omega(K_1) + |K_2| \Omega(K_2)) / m. \quad (4)$$

При одинаковой мощности состава групп минимальные значения по (2), (3), (4) будут соответственно равны  $1/u$ ,  $1/v$ ,  $2/(u+v)$  и однородность состава групп определяется как

$$\Theta(K_1) = \Omega(K_1) - 1/u, \quad \Theta(K_2) = \Omega(K_2) - 1/v, \quad \Theta(E_0) = \Omega(E_0) - 2/(u+v). \quad (5)$$

Значения внешней меры (2) позволяют анализировать различие в использовании отношений объектов на основе плотности распределения и топологической связности (1). При числе кластеров  $l$ ,  $l \geq 2$  на  $E_0$  множество допустимых значений (4) будет в  $[l/m; 1]$ , а результаты группировки можно интерпретировать с помощью лингвистических переменных. Однородность состава групп по (5)  $\Theta(K_1) \geq 0$ ,  $\Theta(K_2) \geq 0$ ,  $\Theta(E_0) \geq 0$ .

Объём выбросов (мощность множества  $V$ ) по алгоритму DBSCAN при фиксированном числе  $k$  ближайших соседей существенно зависит от выбора значения радиуса  $\varepsilon$ . Исследовать такую зависимость предлагается через сравнение значений внешней меры по (2) и (3).

**Внутренняя мера оценки качества кластеризации.** Вычисление внутренней меры основано на использовании внутрикластерной близости и межкластерного различия. Конфигурация (например, в форме гипершара) групп по алгоритму DBSCAN и по отношению связности объектов классов не является фиксированной, допускаются описания объектов признаками из разных шкал измерений. Следствием этого является то, что определить центры групп невозможно. В качестве альтернативы центрам предлагается использовать объекты-эталонные минимального покрытия классов  $K_1$  и  $K_2$ .

Состав эталонов и их количество зависят от выбора базовой или локальных метрик для алгоритма, реализующего жадную стратегию отбора минимального покрытия методом последовательного исключения по каждой группе из  $K_1 = G_{11} \cup \dots \cup G_{1u}$ ,  $u \geq 1$  и  $K_2 = G_{21} \cup \dots \cup G_{2v}$ ,  $v \geq 1$ . Локальная метрика для объекта  $S \in K_t$ ,  $t=1,2$  определяется по базовой  $\rho(x,y)$  как  $\rho_s(x,y) = \omega_s \cdot \rho(x,y)$ , где  $\omega_s = 1/\rho(S, S^*)$ ,  $\rho(S, S^*) = \min_{S_d \in K_{3-t}} \rho(S, S_d)$ . Число объектов-эталонных по локальным метрикам меньше или равно аналогичного числа по базовой метрике. Данное утверждение легко проверяется по результатам вычислительного эксперимента.

Для удобства идентификации будем использовать индексацию групп без указания принадлежности к классам входящих в них объектов. Пусть  $G_j$  – группа из связанных объектов и  $M_j$  – множество эталонов минимального покрытия из  $G_j$ ,  $M_j \subset G_j$ ,  $|M_j| \geq 1$ ,

$\bigcup_{i=1}^d M_i = E_{ob}$ ,  $d \geq 2$ . Определим:

– внутрикластерную близость к эталонам

$$\alpha(d) = \sum_{i=1}^d \sum_{S \in G_i} \min_{S^* \in M_i} \rho(S^*, S); \quad (6)$$

– межкластерное различие между эталонами

$$\beta(d) = \sum_{i=1}^d \sum_{S^* \in E_{ob} \setminus M_i} \min_{S \in M_i} \rho(S^*, S); \quad (7)$$

– оценку качества по (6) и (7) как

$$CT(d) = \frac{\alpha(d)}{\beta(d)}. \quad (8)$$

Чем меньше значение (8), тем выше значение качества кластеризации. Указанным утверждением нужно руководствоваться при выборе объектов-эталонных с использованием локальных или базовой метрик. Внутренняя мера также востребована для корректировки состава групп.

## Литература

1. Kleinberg J. An Impossibility Theorem for Clustering.
2. Ignatyev N.A. Structure Choice for Relations between Objects in Metric Classification Algorithms // Pattern Recognition and Image Analysis, 2018. V. 28. No 4. P. 590–597.

## МОДЕЛЬ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ: ДЕРЕВО РЕШЕНИЙ

М. М. Расулмухамедов<sup>1, а)</sup>, К.Ш. Ташметов<sup>1, б)</sup>

<sup>1</sup> Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Mualliflarning elektron pochatasi

<sup>а)</sup> mrasulmuxamedov@mail.ru, <sup>б)</sup> tashmetov1993@gmail.com

Современные города сталкиваются с растущими проблемами управления дорожным движением и обеспечения безопасности на дорогах. Одним из ключевых аспектов в этой области является прогнозирование трафика, которое позволяет эффективно управлять потоками автомобилей и предотвращать возникновение заторов и аварий. В данном исследовании рассматривается прогнозирование трафика на перекрестке Богишамол в Ташкенте, Узбекистан. Эта задача актуальна для управления дорожным движением и имеет широкое применение в городском планировании и транспортной логистике. Предсказание трафиковых потоков на перекрестках также позволит сократить время простоя автомобилей, уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу и повысить безопасность дорожного движения.

В литературе [1-4] проведено много исследований по прогнозированию трафика с использованием методов машинного обучения, таких как деревья решений, случайные леса и градиентный бустинг. Другие работы [5, 6] сосредотачиваются на использовании нейронных сетей для прогнозирования трафика, что позволяет моделировать сложные зависимости в данных. Анализ литературы позволяет сделать вывод о том, что прогнозирование трафика с использованием методов машинного обучения является эффективным подходом для оптимизации управления дорожным движением на перекрестке.

Для исследования прогнозирования трафика на перекрестке использовали данные об интенсивности движения, полученные с помощью ручного подсчета автомобилей и видеокамеры. На основе этих данных вычисляли плотность транспортного потока и среднюю скорость движения, используя методы статистики и математического моделирования. Полученный набор данных использовали для обучения и оценки моделей прогнозирования трафика, после чего проводили предварительную обработку данных для гарантирования их качества и достоверности.

При прогнозировании трафика на перекрестке Богишамол было решено использовать модель дерева решений из-за её способности легко интерпретировать результаты и автоматически выявлять нелинейные зависимости в данных. Эти особенности делают её эффективным инструментом для моделирования сложных трафиковых потоков.

Для построения дерева решений важно правильно выбирать признаки и условия разделения, выраженные в виде правил внутри дерева. Каждое правило определяет, какой признак использовать и какое условие применить для разделения данных на подгруппы. Таким образом, дерево строится так, чтобы каждое его узловое значение принималось на основе значений признаков. Для построения деревьев решений в задачах классификации и регрессии используются формулы информационного выигрыша (1) и метрики информативности (2) для выбора признаков и условий разделения.

$$IG(R_m, p) = I(R_m) - \frac{|R_l|}{|R_m|} I(R_l) - \frac{|R_r|}{|R_m|} I(R_r) \quad (1)$$

Где  $IG(R_m, p)$  информационный выигрыш при разделении узла  $R_m$  по признаку  $p$ ,  $I(R_m)$  - метрика информативности,  $|R_l|$  - количество объектов левого узла,  $|R_r|$  - количество объектов правого узла,  $I(R_l)$  и  $I(R_r)$  соответственно являются метриками информативности левого и правого узла.

$$I(R) = \frac{1}{|R|} \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2 \quad (2)$$

Где  $y_i$  - реальное значение целевой переменной для объекта  $i$ ,  $\tilde{y}_i$  - предсказанное значение целевой переменной для объекта  $i$ .

После построения дерева решений (рис. 1.) можно провести анализ его структуры и результатов. Важно оценить качество модели и ее способность обобщать данные.

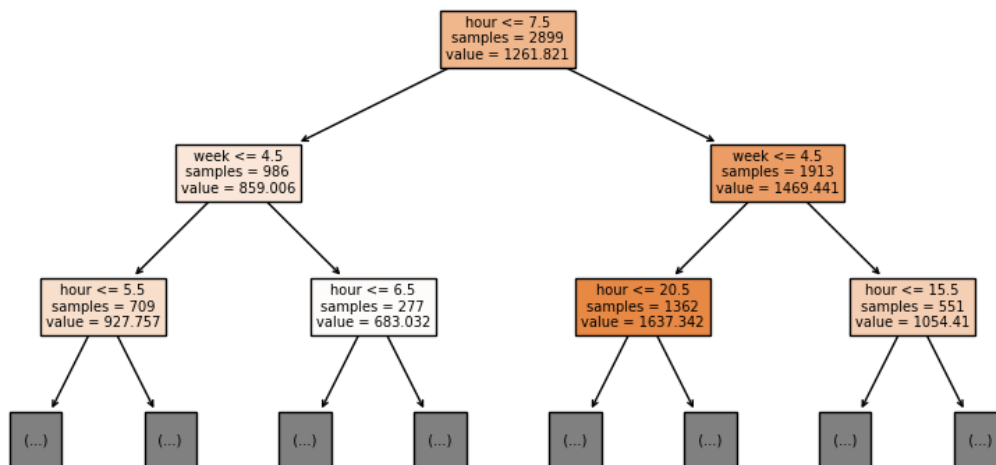


Рис.1. Деревя с максимальной глубиной равной 15.

Результаты исследования показали (рис. 2.), что при глубине дерева в 15 уровней модель показывает хорошие показатели качества, что было подтверждено коэффициентом детерминации ( $R^2$ ).

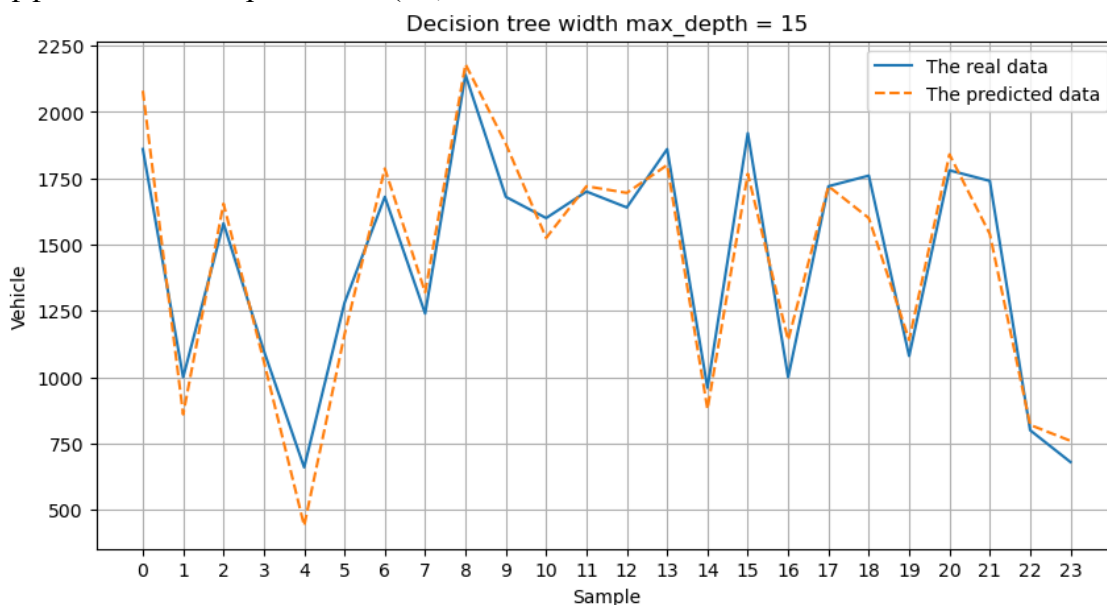


Рис.2. Результаты предсказания дерева решений при глубине 15.

По результатам исследования было установлено, что модель дерева решений с глубиной 15 уровней демонстрирует высокую точность предсказаний на уровне 92 процентов. Этот результат свидетельствует о хорошей способности модели обобщать данные и достоверно прогнозировать целевую переменную.

### Список использованных литератур

1. Prasad K. S. N., Ramakrishna S. An efficient traffic forecasting system based on spatial data and decision trees //Int. Arab J. Inf. Technol. – 2014. – Т. 11. – №. 2. – С. 186-194.
2. Alajali W., Zhou W., Wen S. Traffic flow prediction for road intersection safety //2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCOM/IOP/SCI). – IEEE, 2018. – С. 812-820.
3. Hou Y., Edara P., Sun C. Traffic flow forecasting for urban work zones //IEEE transactions on intelligent transportation systems. – 2014. – Т. 16. – №. 4. – С. 1761-1770.



4. Crosby H., Davis P., Jarvis S. A. Spatially-intensive decision tree prediction of traffic flow across the entire UK road network //2016 IEEE/ACM 20th International Symposium on Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT). – IEEE, 2016. – С. 116-119.
5. Jiber M. et al. Traffic flow prediction using neural network //2018 International Conference on Intelligent Systems and Computer Vision (ISCV). – IEEE, 2018. – С. 1-4.
6. Çetiner B. G., Sari M., Borat O. A neural network based traffic-flow prediction model //Mathematical and Computational Applications. – 2010. – Т. 15. – №. 2. – С. 269-278

## УДК 004.8

### ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИМИДЖА ОРГАНИЗАЦИИ

Б.Т.Кодиров<sup>1,а)</sup>, М.Б.Раззаков<sup>1,б)</sup>

<sup>1</sup>Андижанский институт экономики и строительства

Электронная почта авторов

<sup>а)</sup>godirovbahodir0175@gmail.com, <sup>б)</sup>contactuchunmail@gmail.com

Искусственный интеллект (ИИ) оказывает значительное влияние на формирование имиджа организации в современном бизнес-контексте. Благодаря передовым технологиям ИИ компании могут анализировать данные о своих клиентах, оптимизировать маркетинговые стратегии и персонализировать взаимодействие с потребителями, а также с сотрудниками. Человек - это самый сложный из доступных для нашего восприятия объект, а способность мышления - его главное свойство - атрибут. Искусственный интеллект - наука, поставившая своей целью изучение и моделирование атрибута человека. (1) Это позволяет организациям более эффективно и точно формировать положительный образ в глазах общественности.

Имидж организации — это общее восприятие, мнение или представление о компании или организации, которое формируется в глазах общественности, включая клиентов, партнеров, сотрудников и других заинтересованных лиц. Это восприятие может быть основано на различных аспектах деятельности организации, включая ее продукцию или услуги, корпоративную культуру, отношения с клиентами, общественную деятельность, рекламные и маркетинговые кампании, а также поведение ее руководства и сотрудников. Имидж организации складывается из различных элементов:

**1. Репутация:** Как организация выполняет свои обязательства, как она относится к своим клиентам, сотрудникам и партнерам.

**2. Визуальная идентичность:** Логотип, цветовая гамма, дизайн и другие визуальные элементы, которые ассоциируются с организацией.

**3. Ценности и этика:** Принципы, на которых строится деятельность организации, и ее отношение к вопросам социальной ответственности и устойчивого развития.

**4. Коммуникация:** Как организация общается с общественностью, включая присутствие в СМИ, на социальных сетях и другие формы коммуникации

**5. Опыт клиентов:** Впечатления клиентов от взаимодействия с организацией, ее продукцией или услугами.

**6. Результаты деятельности:** Успехи или неудачи организации в бизнесе, инновационность, качество продукции и услуг.

Имидж организации является важным фактором успеха, так как он влияет на доверие и лояльность клиентов, инвесторов и других заинтересованных сторон.

**Искусственный интеллект в подборе персонала:**



Рис. 1. Pymetrics (a harver company) (2)

**pymetrics** – это платформа soft skills, которая переосмысливает процесс найма и управления талантами, используя поведенческую аналитику на основе данных и проверенный искусственный интеллект для создания более эффективного и справедливого процесса найма на протяжении всего жизненного цикла талантов.

Алгоритмы, основанные на ИИ (Под алгоритмом понимают точное предписание о выполнении в определенном порядке системы операций для решения любой задачи из некоторого данного класса задач), могут изучать резюме, находить подходящих кандидатов внутри компаний, выявлять высокоэффективных сотрудников и даже давать расшифровку видеозаписи собеседования, помогая нам выбирать специалистов, которые, вероятнее всего, окажутся наиболее успешными. Люди которые хотят работать в нашей компании будут сдавать анкету и резюме через платформу искусственного интеллекта pymetrics. Сложные алгоритмы ИИ будут выявлять высокоэффективных сотрудников, давать нам расшифровку видеозаписи собеседования. ИИ выберет специалиста, который прошёл многие тесты и оказался наиболее успешным. Этот искусственный интеллект в первую очередь поможет сократить время, быстро подготовить отчёт по найму персонала и снизить расходы отдел кадров.

Применение алгоритмов, основанных на искусственном интеллекте (ИИ), в процессе найма персонала предоставляет организации значительные преимущества. Такие технологии ускоряют процесс подбора кандидатов, повышая эффективность и точность выбора потенциальных сотрудников. ИИ позволяет быстро анализировать резюме, выявлять высокоэффективных сотрудников и интерпретировать видеозаписи собеседований.



Рис. 2. humanyze A.I.-Powered Workforce Analytics (3)

Это способствует оптимизации работы отдела кадров, сокращая время и затраты на найм персонала. В целом, внедрение ИИ в процесс найма способствует повышению конкурентоспособности организации, позволяя нанимать специалистов, наиболее соответствующих требованиям компании.

Humanyze выявляет ваши самые уязвимые места в работе с персоналом, чтобы улучшить удержание сотрудников и эффективность бизнеса, используя научно обоснованную информацию о персонале для генеральных директоров, руководства и аналитиков данных

Наша компания с помощью технологии искусственного интеллекта под названием humanyze теперь может эффективно формировать образ сотрудников — это как? Мы устанавливаем камеры видеонаблюдения в помещениях где работают наши сотрудники потом им даём ID бейджики с датчиком и с микрофон. А искусственный интеллект humanyze будет отслеживать каждого сотрудника и дать нам результаты анализа. То есть какой сотрудник что делает чем занимается с утра на работе, с кем общается работает или нет, в какой комнате он больше проводит, и самое главное, а он

счастливы или нет. В итоге мы можем точно знать проблемы наших сотрудников касающейся с нашей работой, устранить проблемы и создавать хорошие условия для их работы. А злоупотребляющих сотрудников заменить на тех людей, которые в будущем положительно будут влиять на имидж.

**Автоматизация колл центра** это не то что мы все знаем когда звоним различным

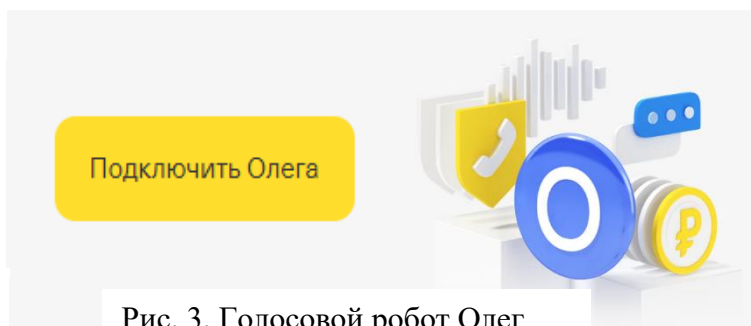


Рис. 3. Голосовой робот Олег

компаниям отвечает же автоответчик и говорит для того чтобы что то сделать нажмите цифру 1 или 2. Нет это совсем другое эту технологию создали русские программисты для Банка Тинькофф название голосовой робот Олег. Голосовой помощник Олег поможет перевести деньги или

вовремя пополнить мобильный. Ответит спамерам, сохранит запись звонка и пришлет расшифровку разговора. Работает бесплатно. (4) Вот мы также внедрим этого робота на наш колл центр. С помощью этого робота, тысячи одновременных звонков в день на 100 сотрудников колл центра уменьшится. Бот может обслуживать более 5 тыс человек одновременно то есть отвечать по телефону.

И самое главное больше не будет ожиданий и верим это будет положительно влиять при формировании имиджа организации.

**Закключение:** Грамотное управление с помощью ИИ с внешней стороны располагает клиентов и партнеров к постоянному сотрудничеству, показывает, что они могут доверять компании. Грамотная внутренняя политика с помощью ИИ привлекает новых квалифицированных специалистов, что улучшает качество продукции. Представление об имидже организации может стремительно измениться к лучшему при использовании ИИ, имидж привлекает новых потребителей, благодаря имиджу клиенты годами будут выбирать нашу организацию, зная, что мы «не подведём».

### Использованная литература

1. Л. Н. Ясницкий, Введение в искусственный интеллект, Издательский центр «Академия» Москва 2010 г. ISBN 978-5-7695-7042-1
2. <https://www.pymetrics.ai/>
3. <https://humanyze.com/>
4. <https://www.tinkoff.ru/oleg/>

## IQTISODIYOTDA SUN'IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINI QO'LLANISHINING NAZARIY ASOSLARI

Sayfullayeva Sevinch Umidjon qizi  
*Toshkent axborot texnologiyalari universiteti talabasi*  
Muallif elektron pochta  
sayfullayevasevinch13@gmail.com

Sun'iy intellekt — informatikaning alohida sohasi bo'lib, odatda inson ongi bilan bog'liq imkoniyatlar: tilni tushunish, o'rgatish, muhokama qilish, masalani echish, tarjima va shu kabi imkoniyatlarga ega kompyuter tizimlarini yaratish bilan shug'ullanadi. Hozirda AI turli amallarni bajarishga mo'ljallangan algoritm hamda dasturiy tizimlardan iborat va u inson ongi bajarishi mumkin bo'lgan bir qancha vazifalarning uddasidan chiqqa oladi. 1990 yillarda AI taraqqiyotida yangi sahifa ochildi. Hozirga kelib sun'iy intellekt keng ko'lamda ommalashib kundalik turmush tarzimizning deyarli barcha jabhalarini qamrab olmoqda. Masalan, Xitoydagi Inchuan shahri aholisiga bank kartalarining keragi yo'q. Hisobkitoblar bilan bog'liq barcha

jarayonlar sun'iy intellekt tomonidan insonning yuz qiyofasini aniqlashtirish orqali amalga oshiriladi.

Sun'iy intellekt bizning hayotimiz va iqtisodiyotimizda tobora muhim rol o'ynaydi va bizning dunyomizga turli yo'llar bilan ta'sir ko'rsatmoqda. Uning foydasini olish uchun jahon miqyosidagi raqobat shiddatli va global liderlar - AQSh va Osiyo sahnaga chiqdi. Ko'pchilik sun'iy intellektni samaradorlik va iqtisodiy o'sish mexanizmi sifatida ko'radi. Bu ishlar samaradorligini oshirishi va katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish orqali qaror qabul qilish jarayonini sezilarli darajada yaxshilashi mumkin. Shuningdek, u yangi mahsulot va xizmatlar, bozorlar va tarmoqlarni yaratishga, shu bilan iste'mol talabini oshirishga va yangi daromad oqimlarini yaratishga yordam beradi. Biroq, sun'iy intellekt iqtisodiyot va jamiyatga zararli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shuningdek, rivojlangan va rivojlanayotgan mamlakatlar o'rtasidagi tafovutni kengaytirishi va ma'lum ko'nikmalarga ega bo'lgan ishchilarga bo'lgan ehtiyojni kuchaytirishi va boshqalarni ortiqcha qilish mumkin; bu oxirgi tendentsiya mehnat bozori uchun keng qamrovli oqibatlarga olib kelishi mumkin. Mutaxassislar, shuningdek, uning tengsizlikni oshirish, ish haqini pasaytirish va soliq bazasini qisqartirish imkoniyatlari haqida ogohlantirmoqda.

Ushbu xavotirlar o'z kuchini saqlab qolgan bo'lsa-da, tegishli xavflar yuzaga keladimi yoki qanchalik ko'p bo'lishi haqida ma'lumot mavjud emas. Ular ma'lum emas va puxta ishlab chiqilgan siyosat salbiy ta'sirlarni nazorat qilishda sun'iy intellekt rivojlanishini rag'batlantirishi mumkin. Evropa Ittifoqi global raqobatda o'z mavqeini oshirish va AIni o'z iqtisodiyoti va fuqarolariga foyda keltiradigan yo'lga yo'naltirish salohiyatiga ega. Bunga erishish uchun u birinchi navbatda o'zining kuchli tomonlaridan foydalanadigan va a'zo davlatlar resurslarini eng samarali tarzda birlashtirishga imkon beradigan umumiy strategiyani kelishib olishi kerak.

Iqtisodiyotda sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llanishi so'nggi yillarda jadal sur'atlarda rivojlanib, iqtisodiyotning turli sohalariga kirib bormoqda. Sun'iy intellekt texnologiyalari iqtisodiyotda raqamli transformatsiya jarayonini yanada kuchaytirib, raqamli iqtisodiyotga o'tishni tezlashtirmoqda[1].

2021 yilning 17 fevral kuni "Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora-tadbirlari to'g'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori qabul qilindi.

Mazkur Qarordan ko'zlangan maqsad — "Raqamli O'zbekiston – 2030" Strategiyasiga muvofiq sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish va ularni mamlakatimizda keng qo'llash, raqamli ma'lumotlardan foydalanish imkoniyatini va ularning yuqori sifatini ta'minlash, ushbu sohada malakali kadrlar tayyorlash uchun qulay shart-sharoitlar yaratishdir. Shuningdek, ushbu hujjat sun'iy intellektni qo'llashning asosiy yo'nalishlari va tamoyillarini, shuningdek, yaqin va uzoq istiqbolda ushbu sohani kompleks shakllantirish uchun shart-sharoitlarni belgilovchi sun'iy intellektni rivojlantirish strategiyasini ishlab chiqish, iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohada, davlat boshqaruvi tizimida sun'iy intellekt texnologiyalarini ishlab chiqish va ulardan foydalanishda yagona talablar, javobgarlik, xavfsizlik va shaffoflikni belgilovchi normativ-huquqiy bazani ishlab chiqish, aholi manfaatlari yo'lida davlat xizmatlari ko'rsatish sifatini yaxshilashni nazarda tutadi. O'z navbatida, ma'lumotlarni qayta ishlashda davlat organlarining samaradorligini oshirish uchun sun'iy intellekt texnologiyalaridan keng foydalanish, foydali texnologik echimlarni ishlab chiqish bo'yicha fundamental va amaliy ilmiy tadqiqotlarni o'tkazish va ularni keyinchalik tijoratlashtirishni rag'batlantiruvchi sun'iy intellekt sohasida innovatsion ishlanmalarning mahalliy ekotizimini yaratish kabi maqsad-vazifalar amalga oshiriladi[2].

Sun'iy intellekt texnologiyalari iqtisodiy samaradorlikni oshirishga katta hissa qo'shadi.

#### **Quyidagi jihatlar bu masalani yoritib beradi:**

**Avtomatlashtirish:** AI texnologiyalari yordamida ma'lumotlarni qayta ishlash, rejalashtirish, prognoz qilish kabi jarayonlar avtomatlashtiriladi. Bu esa, inson resurslarining samarasiz ishlatilishini kamaytiradi va samaradorlikni oshiradi.

**Ma'lumotlarni tahlil qilish:** Sun'iy intellekt ma'lumotlarning katta hajmini tez va samarali tahlil qilishga imkon beradi. Bu esa, firmalarga yaxshiroq qarorlar qabul qilishda yordam beradi.

**Xizmat sifatini oshirish:** AI texnologiyalari mijozlarga xizmat ko'rsatishning sifatini yaxshilash uchun ishlatiladi. Chatbotlar, tahlilchilar va boshqalar mijozlarga tez va samarali xizmat ko'rsatadi.

**Texnologik tadqiqot:** Sun'iy intellekt yangi innovatsiyalarni yaratishda asosiy vositalardan biridir. Kompaniyalar tadqiqot va rivojlanish sohasida AI yordamida yangi mahsulot va xizmatlar yaratishda katta muvaffaqiyatlarga erishmoqdalar.

**Yangi biznes modellari:** AI kompaniyalarga yangi biznes modellari, xizmat ko'rsatish usullarini ishlab chiqish imkonini beradi. Misol uchun, obunaga asoslangan xizmatlar va platformalar kabi modellarni yaratish mumkin.

**Ta'lim:** AI texnologiyalari ta'lim sohasida ham samarali qo'llanilmoqda. AI yordamida talabalar uchun individual ta'lim dasturlari yaratiladi.

**Ishchilarni qayta o'qitish:** AI tufayli yangi texnologiyalar paydo bo'lishi ishchilarni qayta o'qitish va yangi malakalarni egallashlarini talab qiladi.

AI texnologiyalari biznes sohasida innovatsiyalarni rag'batlantirishda muhim rol o'ynaydi. Kompaniyalar yangi mahsulotlar va xizmatlarni ishlab chiqishda AI texnologiyalaridan foydalanib, raqobatbardosh bo'lishlari mumkin.

**Yangi mahsulotlar:** Sun'iy intellekt yordamida yangi mahsulotlar va xizmatlar yaratish mumkin. Masalan, avtomobil ishlab chiqarish sohasida avtopilot tizimlari, tibbiyotda kasalliklarni tez aniqlash va davolash usullari kabi innovatsiyalar paydo bo'lmoqda.

**Raqobatbardosh strategiyalar:** AI texnologiyalari kompaniyalarga raqobatchilarning harakatlarini tahlil qilish va ularni samarali raqobatga qarshi taktikalarini ishlab chiqishga imkon beradi.

Sun'iy intellekt iqtisodiyotning turli sohasida qo'llanilishi mumkin:

**Moliyaviy soha:** AI moliyaviy sohada ko'p jihatdan qo'llaniladi. Bu sohada ma'lumotlarni tahlil qilish, investitsiyalarni prognoz qilish, xavflarni aniqlash va boshqalar uchun ishlatiladi.

**Tibbiyot:** AI tibbiyot sohasida kasalliklarni tashxislash, davolash usullarini takomillashtirish va bemorlarni kuzatib borish uchun qo'llaniladi.

**Transport va logistika:** AI avtomatlashtirilgan transport tizimlarini rivojlantirishda va logistika sohasida samaradorlikni oshirishda qo'llaniladi.

**Kichik biznes:** AI kichik bizneslarga marketing strategiyalarini optimallashtirish, mijozlar bilan aloqa qilish va mahsulotlarni targ'ib qilishda yordam beradi.

AI texnologiyalarining iqtisodiy sohalarga ta'siri ijobiy bo'lsa ham, uning cheklolari ham mavjud. AI texnologiyalari ma'lumotlarni himoya qilishda ba'zi xavflarni keltirib chiqarishi mumkin. Shaxsiy ma'lumotlarni himoya qilish va kiberxavfsizlikka e'tibor berish zarur. AI avtomatlashtirish orqali ba'zi ish o'rinlarini yo'qotishi mumkin, bu esa ijtimoiy va iqtisodiy muammolarga sabab bo'lishi mumkin. AI texnologiyalari bilan bog'liq huquqiy va axloqiy masalalarni hal qilish kerak. Masalan, AI tomonidan qabul qilinadigan qarorlar mas'uliyati va axloqiy jihatlari ko'rib chiqilishi zarur[3].

### **Xulosa**

Sun'iy intellekt texnologiyalarining iqtisodiyotga qo'llanilishi jadal sur'atlarda rivojlanib bormoqda va uning ta'siri ko'plab iqtisodiy sohalarda sezilmoqda. AI texnologiyalari orqali iqtisodiy samaradorlik oshadi, innovatsiyalar rag'batlanadi va raqobatbardoshlik kuchayadi. Bu texnologiyalar bizneslar uchun yangi imkoniyatlar ochib beradi va ular orqali yangi mahsulotlar va xizmatlar yaratish mumkin. Masalan, AI yordamida yangi biznes modellari va mijozlar ehtiyojlarini yaxshiroq aniqlash imkoniyatlari paydo bo'ladi. AI iqtisodiyotga integratsiyasi moliyaviy sohada investitsiyalar va xavflarni tahlil qilishda, logistika sohasida, tibbiyotda kasalliklarni tashxislash va davolash usullarini takomillashtirishda, transport sohasida avtomatlashtirilgan tizimlarni yaratishda va boshqalarida muhim rol o'ynaydi.

## Фойдаланилган адабиётлар

1. Tulomov S.S. va boshqalar "Axborot tizimlari va texnologiyalari". Oliy o'quv yurti talabalari uchun darslik. - T: «Shark», 2000 y.
2. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 17-fevraldagi "Sun'iy intellekt texnologiyalarini jadal joriy etish uchun shart-sharoitlar yaratish chora tadbirlari to'g'risida"gi PQ-4996 sonli qarorlari.
3. Yang, T., Yi, X., Lu, S., Johansson, K. H., & Chai, T. (2021). Intelligent manufacturing for the process industry driven by industrial artificial intelligence. *Engineering*, 7(9), 1224-1230.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОННОМ ОБУЧЕНИИ

М.Т.Бакоев<sup>1,а)</sup>, Ш.Г.Умарова<sup>2,б)</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский филиал МГИМО.

<sup>2</sup> Университет Мировой Экономики и Дипломатии

Электронная почта авторов

<sup>а)</sup> mbakoev@gmail.com, <sup>б)</sup> shumarova@gmail.com

За последнее десятилетие область искусственного интеллекта (ИИ) добилась значительных успехов и нашла свое применение в различных отраслях, включая образование. С помощью ИИ преподаватели могут автоматизировать повторяющиеся задачи, создавать контент и предоставлять учащимся персонализированный опыт обучения. Рассмотрим потенциал ИИ в электронном обучении, основанный на LMS Moodle. Moodle — это популярная система управления обучением, которая предоставляет преподавателям инструменты и ресурсы для создания увлекательного и интерактивного обучения. Благодаря интеграции искусственного интеллекта Moodle становится еще более мощным, позволяя преподавателям автоматизировать различные задачи и эффективно генерировать контент.

Для использования возможности искусственного интеллекта в Moodle существуют плагины с открытым исходным кодом. Эти дополнительные плагины взаимодействуют с механизмами искусственного интеллекта и способствуют Moodle для расширения системы онлайн-обучения. Ниже приводим некоторые из этих плагинов, которые используются в электронной образовательной системе Ташкентского филиала МГИМО.

**Плагин Moodle AI Connector.** На деле – связующее звено между LMS Moodle и приложениями на базе искусственного интеллекта, такими как ChatGPT, Dall-E и Stable Diffusion. Плагин расширяет возможности Moodle, добавляя на платформу функции искусственного интеллекта, позволяя пользователям использовать передовые технологии искусственного интеллекта для различных образовательных и учебных целей.

**Плагин Text to questions.** Локальный плагин генератора контента. Плагин автоматизирует процесс создания тестовых вопросов и анкет. При этом можно регулировать уровень сложности учебного контента в зависимости от успеваемости студента. Такая адаптивность гарантирует, что студенты будут постоянно решать достаточно сложные задачи, но при этом не чувствовать себя сверхперегруженными.

**Плагин OpenAI Chat Block.** Круглосуточная диалоговая поддержка в чате через GPT AI OpenAI. Благодаря интеграции языковых моделей OpenAI этот плагин позволяет учащимся участвовать в интерактивных и естественных беседах для поиска информации, разъяснения вопросов или изучения тем, связанных с курсом. Помощь в режиме реального времени, предоставляемая блоком чата, не только поддерживает запросы

учащихся, но также способствует активному обучению и самостоятельному исследованию.

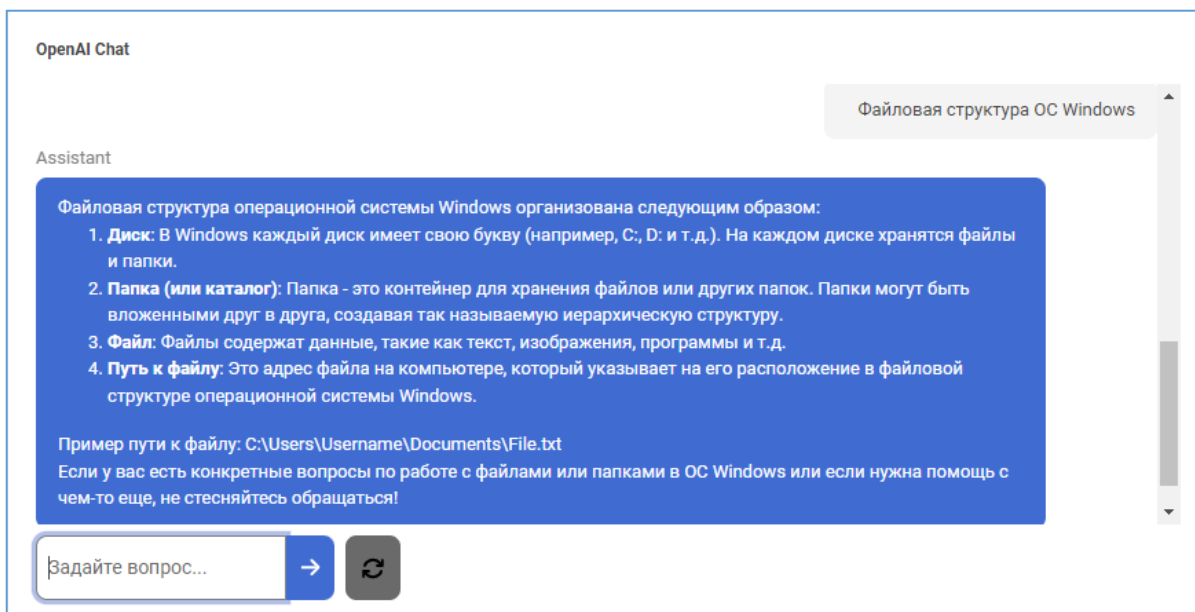


Рис1. Применение чата через GPT AI OpenAI.

Через GPT AI OpenAI преподаватели могут:

- создать подробный глоссарий, поручив GPT Chat составить список соответствующих терминов. Полученный глоссарий можно загрузить в Moodle, предоставив студентам ценный ресурс для изучения и справок.

- поручить Chat GPT генерировать эссе по конкретным темам, которую можно использовать для назначения учащимся письменных заданий. Эта функция экономит время преподавателей при создании эссе с нуля и гарантирует, что подсказки актуальны и соответствуют теме.

- попросить Chat GPT создать рубрику для оценки заданий, указав такие критерии, как знание темы, точность информации и организация содержания. Эта функция позволяет упрощать процесс оценивания, выставлять последовательные и объективные оценки, экономя ценное время преподавателей и предоставляя учащимся четкие критерии оценки.

- поручить Chat GPT создать тесты, специально отформатированные для H5P. H5P — это инструмент для создания интерактивного контента, который можно интегрировать с Moodle. Chat GPT сгенерирует содержимое викторины, которое можно легко импортировать в H5P для создания интерактивных викторин для учащихся.

Большие перспективы применения искусственного интеллекта посредством обучения LMS Moodle связывают и с экономией времени благодаря автоматическому созданию тестов и оценок. Следующий плагин позволяет преподавателям быстро создавать тестовые вопросы на основе введенного текста.

**Плагин OpenAI Question Generator.** Этот плагин позволяет пользователю на основе введенного текста автоматически генерировать вопросы в форматах «Множественный выбор», «Истина/Ложь», «Короткий ответ».

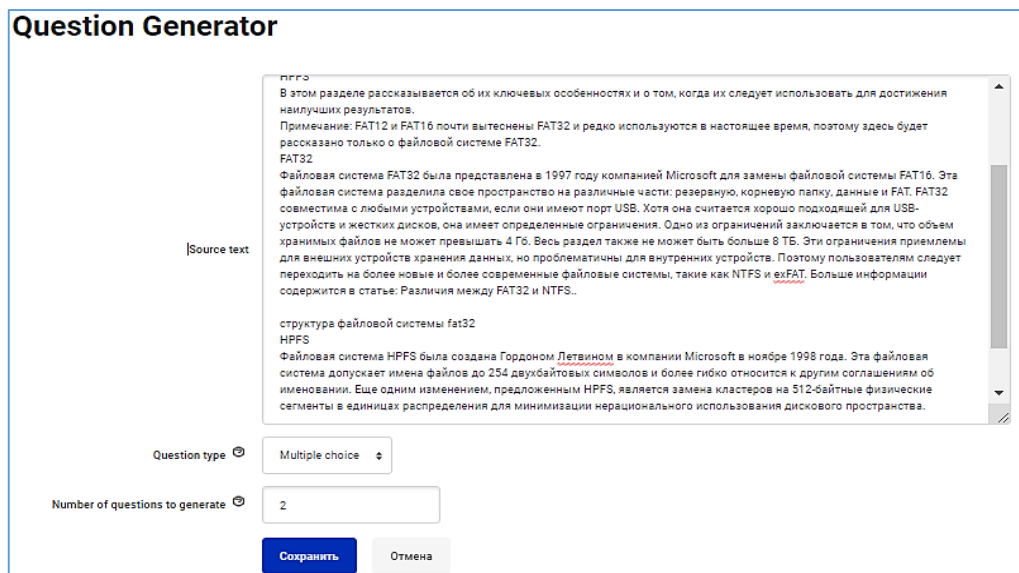


Рис2. Применение плагина OpenAI Question Generator.

Созданные тестовые вопросы можно редактировать и сохранить на банке вопросов. Использование возможностей ChatGPT по генерации тестовых вопросов открывает широкие перспективы для быстрого и качественного создания тестовых заданий различных форматов на заданные темы.

Искусственный интеллект произвел революцию в том, как преподаватели создают контент и взаимодействуют со студентами на платформе Moodle. С помощью функций искусственного интеллекта, таких как Chat GPT, преподаватели могут автоматизировать различные задачи, такие как создание тестов, заданий и глоссариев. Эти возможности искусственного интеллекта экономят время преподавателей, улучшают качество обучения учащихся и обеспечивают персонализированное обучение.

Поскольку искусственный интеллект продолжает развиваться, Moodle, вероятно, будет включать в себя еще больше функций искусственного интеллекта для дальнейшей оптимизации процесса преподавания и обучения. Инструменты электронного обучения, использующие ИИ, должны улучшить результаты для всех типов учащихся, повысить эффективность и освободить учителей и инструкторов от повторяющихся административных задач, обеспечивая при этом безопасность и защиту личных данных.

## Литература

1. Электронная информационно-образовательная среда Ташкентского филиала МГИМО - <https://lms.mgimo.uz>.
2. Интернет-ресурс - [https://moodle.org/plugins/local\\_ai\\_connector](https://moodle.org/plugins/local_ai_connector).
3. Интернет-ресурс - [https://moodle.org/plugins/block\\_openai\\_chat](https://moodle.org/plugins/block_openai_chat).
4. Интернет-ресурс - [https://moodle.org/plugins/block\\_openai\\_questions](https://moodle.org/plugins/block_openai_questions)
5. The potential of AI and Moodle, <https://moodle.com/news/the-potential-of-ai-and-moodle>.

## THE IMPORTANCE OF DEEP LEARNING TO DETECT IDC PATCHES FROM BREAST CANCER

Z.Sh. Hokimjonova

*The University of World Economy and Diplomacy*

Author Emails

[z.hokimjonova@gmail.com](mailto:z.hokimjonova@gmail.com)

Around the world, cancer is one of the leading causes of death before the age of 70. (Xie, X. Z., Niu, J. W., Liu, X. F., Li, Q. F., Wang, Y. et al. 2022) As the most common type of cancer which leads to fatal ending among women, breast cancer challenges researchers to



investigate the latest curing methods in medicine, while to detect cancer earlier, machine learning algorithms are vital. Accurate IDC detection is crucial, since it is an initial step in the diagnosis of breast cancer. Therefore, deep learning models is a great choice to classify IDC patches in fast pace.

This research paper proposes three types of CNN models to classify breast histopathology images. To accomplish the analysis, reliability, confidence, and reproducibility are vital. By separating images into testing, training and validation paths, we are going to achieve accuracy results by using VGG16, Res Net models as well as self-developed CNN models.

**Motivation:** As most of the types of breast cancer, Invasive ductal carcinoma directly leads to metastases, that dangers life. Patients with IDC are often assigned to biopsy to remove small-sized tissues. To start treatment a pathologist must decide correctly, whether there is IDC or no IDC. In particular a pathologist needs to determine the location of sick cells exactly in a manual way, that requires long time. To detect cancer tissue zones early, deep learning serves as one of the most effective ways to automatically detect and locate tumour tissue cells and to speed up the process of detecting cancer.

### Materials and Methods

The research paper aims to classify IDC into existence of IDC (+) or non-existence of IDC (-) via applying deep learning models, including three layer self-developed CNN models, Res Net and VGG16 model to compare and discuss accuracy levels along with prediction results. Thanks to Google Colaboratories (google colab) I will effectively rely on TensorFlow\_ Keras Libraries created on python 3.10.11 software to obtain the results of the of the modules above.

### Evaluation Metrics

To control the model classification performance, three metrics, so called precision (PR), recall(RE), and F1-score are used. Below, formulations of these three metrics are illustrated:

$$Precision(PR) = \frac{TP}{(TP+FP)},$$
$$Recall(RE) = \frac{TP}{(TP+FN)},$$
$$F1 - score(F1) = \frac{2TP}{(2TP+FP+FN)}.$$

Where TP is True Positives, TN is True Negatives, FP is False Positives, FN is False Negatives. By separating images into testing, training and validation paths, we achieved best accuracy result by using VGG16 model at 83%, while other self-developed convolutional networks represented 80% each.

### Reference

1. Xie, X. Z., Niu, J. W., Liu, X. F., Li, Q. F., Wang, Y. et al. (2022). DG-CNN: Introducing margin information into convolutional neural networks for breast cancer diagnosis in ultrasound images. *Journal of Computer Science and Technology*, 37(2), 277–294. <https://doi.org/10.1007/s11390-020-0192-0>

### UDK 004.896

## DIKTORNI TANIB OLI SH MASALASIDA OVOZNI XARAKTERLOVCHI BELGILARNI AJRATIB OLI SHNING MEL CHASTOTALI KEPSTRAL ANALIZ USULI

N. Mirzayev<sup>1,a)</sup>, J.K. O‘rinboyev<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup>*Raqamli texnologiyalar va sun‘iy intellektni rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti.*

<sup>a)</sup>nomazmirza@rambler.ru, <sup>b)</sup>jahongir8010@gmail.com

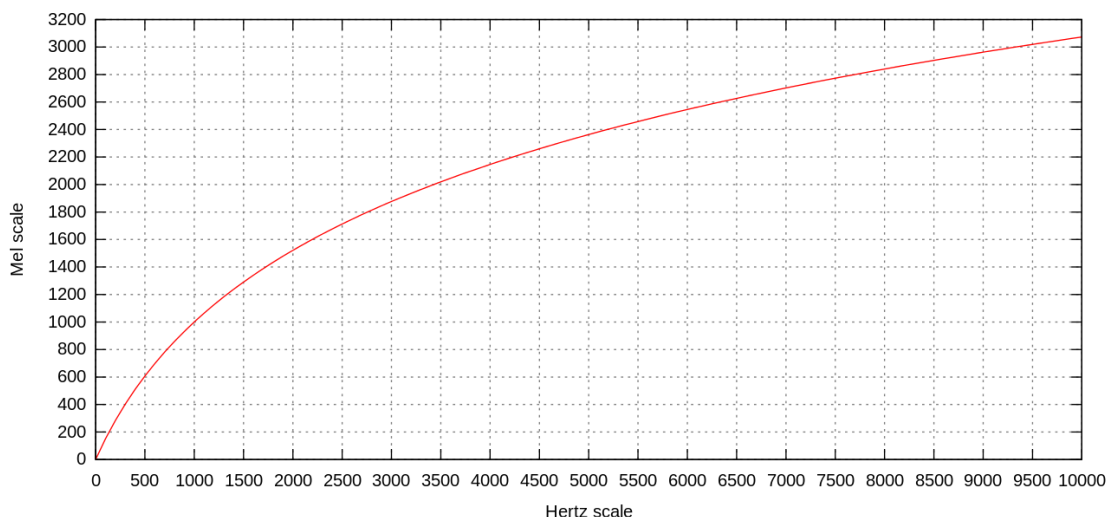
Insonlar past chastotalarda tovushdagi o‘zgarishlarni osonroq idrok etadilar. Inson eshitishi taxminan 1000 Hz gacha deyarli chiziqli, keyin yuqori chastotalar uchun u ko‘proq logarifmik bo‘ladi [4], shuning uchun spektrogramma logarifmi olinadi. Mel-Scale shkalasi -

bu spektrdagi yuqori chastotalarni taniydigan mel intervalli filtrlarni joriy qilish orqali inson eshitishidagi ushbu xususiyatni ifodalovchi shkaladir. Mel shkalasiga o'tkazish quvvat spektral zichligi va uchburchak filtrlar soni orasidagi skalyar ko'paytmani hisoblash yo'li bilan amalga oshiriladi. Filtrlar kichik o'lchamli shkalaga teng chastotalarda joylashgan. Ushbu spektral xususiyat mel masshtablangan filtr banklari sifatida tanilgan. Ushbu ishning maqsadi nutq ma'lumotlarini raqamli qayta ishlashga qiziqqan ishlab chiqaruvchilar va tadqiqotchilar uchun diktorni ovoz asosida tanib olish vazifalarida nutqning individual xususiyatlarini aniqlashning mel chastotali keprstral analiz usuli haqida umumiy ma'lumot berishdir.

**Asosiy qism.** Diktorni ovozi asosida tanib olish tizimlarida mel masshtablangan filtr banklaridan foydalanilganda odatda 26 dan 60 gacha filtrlar banklari yaratiladi [4]. Shu bilan birga, filtr banklar sonini Furrye diskretlash elementlari soni bilan ham aniqlanishi mumkin. Bunday holda, odatda elementlarning  $\frac{1}{2}$  yoki  $\frac{1}{4}$  qismi mel fazosiga aylanadi. 512 Furrye elementlari uchun bu 256 yoki 128 mel qadamli filtrlarni anglatadi. (1) formula chastotani 1-rasmda ko'rsatilgan Mel shkalasiga aylantiradi. (2) formula esa aksincha chastotaga aylantiradi.

$$Mel(f) = 1125 \ln \left( 1 + \frac{f}{700} \right) \quad (1)$$

$$Mel(f) = 700 \left( e^{\frac{m}{1125}} - 1 \right) \quad (2)$$

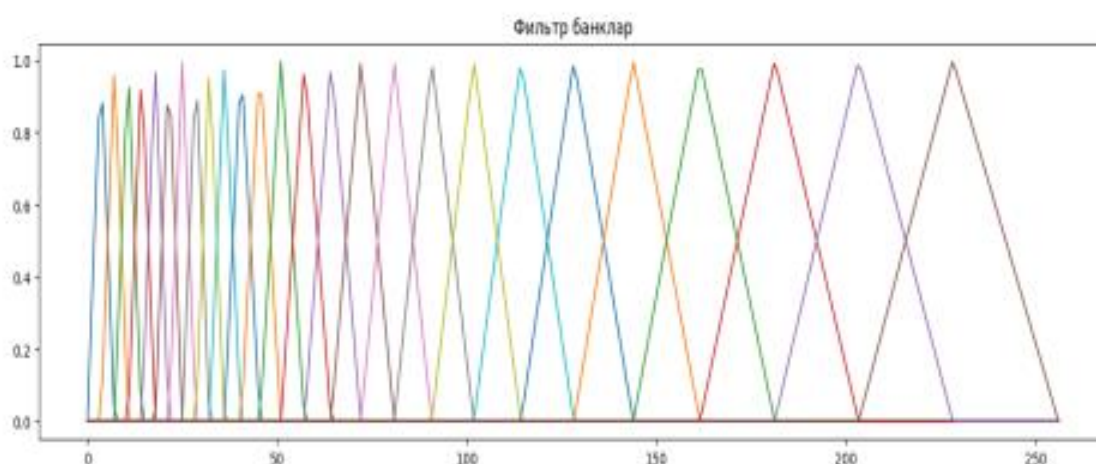


1-rasm. Mel shkalasi grafigi

Filtrlar uchburchak shaklida bo'lib, har bir filtr chap qo'shni filtrning markazidan boshlanadi. Keyin filtr chiziqli ravishda 1 ga ko'tariladi va keyin yana chiziqli ravishda 0 ga kamayadi, bu esa 2-rasmda ko'rsatilgan boshqa qo'shni filtrning markazi bo'ladi. Uchburchak filtrlarni (3) formuladagi kabi modellashtirish mumkin [1; 2; 5]. Filtrlar hosil qilingandan so'ng, mel masshtablangan filtr banklari va (4) formulada ko'rsatilgan spektrogrammaning skalyar ko'paytmasi logarifmini olish yo'li bilan hisoblanadi.

$$c(n) = \begin{cases} 0, & k < f(m-1) \\ \frac{k - f(m-1)}{f(m) - f(m-1)}, & f(m-1) \leq k < f(m) \\ 1, & k = f(m) \\ \frac{f(m+1) - k}{f(m+1) - f(m)}, & f(m) < k \leq f(m+1) \\ 0, & k > f(m+1) \end{cases} \quad (3)$$

$$MSFB = 20 \log_{10} (S(n, k) \cdot F_m(k)) \quad (4)$$



2-rasm. Mel-filtr banklari. Filtrlar soni 26 ta

Mel chastotali keprstral koeffitsiyentlari (MFCC) [1; 4] ko‘pincha nutqni avtomatik tanib olishda qo‘llaniladi [3] va 2-toifa diskret kosinus almashtirishini asosida filtr banklarini korrelyatsiyalash orqali hosil qilinadi. Mel-masshtabli filtr banklar yuqori darajada korrelyatsiyaga ega, chunki uchburchak filtrlar bir-birini qisman qoplagan bo‘ladi. Filtrlar (5) formulada berilgan diskret kosinus almashtirishini qo‘llash orqali dekorrelyatsiyalanadi:

$$S_{MFCC_i} = \sum_{k=1}^M X_k \cos \left[ i \left( k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{M} \right], i = 1, 2, \dots, M \quad (5)$$

bu erda  $X_k$  – Mel-masshtabli filtr banklar filtrlari soni.

Diskret kosinus almashtirishini har bir filtr banki uchun qo‘llash Mel-chastotali keprstral koeffitsiyentlarini (MFCC) beradi. Odatda ularning yarmi tashlab yuboriladi, chunki yuqori raqamli filtrlar banklari yuqori energiyani tez o‘zgarishini anglatadi. Mel-chastotali keprstral koeffitsiyentlari additiv xalaqitlarga nisbatan kamroq bardoshlidir.

**Xulosa.** Xulosa qilib aytish mumkinki, Mel chastotali keprstral analiz usuli uzoq vaqt davomida nutqni raqamli qayta ishlash vazifalarida asosiy yondashuvlardan biri bo‘lib qolmoqda. Ushbu usul yordamida nutqni tanib olishdagi xatolikni bir muncha kamaytirish mumkin.

### Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Малинин П.В., Заковряшин А.С., Лепендин А.А. Применение распределений мел-частотных кепстральных коэффициентов для голосовой идентификации личности // Управление, вычислительная техника и информатика. М-2014. С.-156-160.
2. Niyozmatova N.A., Samijonov A.N., Yuldoshev Yu.Sh., Allanov N.M., Ismailova A.S. Nutq signallari belgilarini ajratib olish usullari // Informatika va energetika muammolari. №1 2019, B. 80-90.
3. Ниёзматова Н.А., Нуримов П.Б., Самижонов А.Н., Абдураззақов Ф. Распознавание каракалпакской речи с помощью CMU SPHINX, Халқаро илмий-амалий анжуман, Андижон давлат университети, Андижон, 2019й.
4. H. Beigi. Fundamentals of speaker recognition. Springer US, 2011.
5. R. J. Mammone, X. Zhang, and R. P. Ramachandran. Robust Speaker Recognition: a feature-based approach. IEEE Signal Processing Magazine, 13(5):58, 1996.

## АНАЛИЗ ОТНОШЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ НА МНОГООБРАЗИЯХ НАБОРОВ ЛАТЕНТНЫХ ПРИЗНАКОВ

Акбаров Бахриддин Хусниддин угли  
*Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан*  
 Maullif elektron pochta si  
 bahriddin.akbarov@gmail.com

Формирование наборов латентных признаков рассматривается как один из способов решения проблемы проклятия размерности в задачах интеллектуального анализа данных. Для реализации линейных и нелинейных методов снижения размерности существует ряд условий, ограничивающих их применение. К таким условиям относятся:

- ориентация лишь на количественные признаки;
- чувствительность к проклятию размерности при вычислении меры расстояния между объектами;
- нелинейный рост сложности вычислений.

Источником многообразия наборов латентных признаков является множество способов группировки исходных признаков, на основе которых происходит их формирование. При исследовании этих наборов использовался анализ изменения структуры отношений близости объектов выборки на разных метриках [1]. Для вычисления меры компактности выборки применялось отношение связанности объектов по системе гипершаров, в пересечении которых имеются граничные объекты классов.

### Постановка задачи

Рассматривается задача распознавания в стандартной постановке. Считается, что задано множество объектов  $E_0 = \{S_1, \dots, S_m\}$ , разделённое на два непересекающихся класса  $K_1, K_2$ . Описание объектов производится с помощью  $n$  разнотипных признаков  $X(n) = (x_1, \dots, x_n)$ ,  $\xi$  из которых измеряются в интервальных шкалах,  $n - \xi$  – в номинальной.

Считается, что на  $X(n)$  определено два множества алгоритмов, отличающихся принципами формирования непересекающихся групп признаков:  $\Omega_1$  – аддитивных;  $\Omega_2$  – мультипликативных.

Алгоритмы  $A, B \in \Omega_1 \cup \Omega_2$  используются для формирования непересекающихся групп признаков  $\Delta(t(A)) = \{G_1, \dots, G_{t(A)}\}$ ,  $\Delta(t(B)) = \{G_1, \dots, G_{t(B)}\}$  при выборе описания объектов  $E_0$  по наборам латентных признаков  $Y(t(A)) = (y_1, \dots, y_{t(A)})$ ,  $Y(t(B)) = (y_1, \dots, y_{t(B)})$ . По каждой группе  $G_i \in \Delta(t(A))$  ( $G_i \in \Delta(t(B))$ ) производится синтез латентного признака  $y_i \in Y(t(A))$  ( $y_i \in Y(t(B))$ ).

Заданы условия выбора подмножеств граничных по метрике  $\rho(x, y)$  объектов классов  $\Theta(A, \rho)$  и  $\Theta(B, \rho)$  соответственно на наборах  $Y(t(A))$  и  $Y(t(B))$ .

### Алгоритм иерархической агломеративной группировки признаков по аддитивному принципу

Алгоритм иерархической агломеративной группировки [2] реализует жадную стратегию формирования наборов латентных признаков. Количество групп и их состав определяются алгоритмическим путём из  $X(n) \setminus F$  на основе принципа динамического программирования.

Пусть  $T$  ( $F \subset T$ ) – множество признаков, принадлежность которых к непересекающимся группам установлена. При  $|T| < n$  формирование очередной группы  $G$  по правилам иерархической агломеративной группировки будет таким:

– выбор  $x_c \in X(n) \setminus T$  с максимальным значения веса (9) в качестве первого представителя группы  $G$ ,  $T = TU\{x_c\}$ ;

– включение признака  $x_p \in X(n) \setminus T$  в группу  $G = GU\{x_p\}$  при условии

$$\frac{\gamma_i}{\theta_i} > \frac{\gamma_{i+1}}{\theta_{i+1}} \quad \text{и} \quad \frac{\gamma_i}{\theta_i} - \frac{\gamma_{i+1}}{\theta_{i+1}} = \max_{x_p \in X(n) \setminus T},$$

где  $\gamma_i(\theta_i)$  – внутриклассовое сходство(межклассовое различие) по значениям обобщённых оценок (11) на  $G$ ,  $i=|G|$ ,  $|GU\{x_p\}|=i+1$ .

### Мультипликативный принцип вычисления обобщённых оценок объектов

При вычислении обобщённых оценок объектов по мультипликативному принципу используются значения весов признаков и их попарных комбинаций. Для данных (латентных и исходных) в интервальных шкалах измерений рекомендуется использовать интервальный метод [3] как это сделано при реализации правил иерархического агломеративного алгоритма группировки признаков.

В качестве границ двух непересекающихся интервалов  $[\pi_1; \pi_2]$ ,  $(\pi_2; \pi_3]$ , используются  $\pi_1=r_1$ ,  $\pi_2=r_j$ ,  $1 < j < m$ ,  $\pi_3=r_m$ . Интервалы  $[\pi_1; \pi_2]$  и  $(\pi_2; \pi_3]$  идентифицируются, соответственно, как первый и второй. Вес признака объектов классов вычисляется как максимум произведения внутриклассового сходства и межклассового различия по критерию

$$\left( \frac{\sum_{d=1}^2 \sum_{i=1}^2 (u_i^d - 1) u_i^d}{\sum_{i=1}^2 |K_i| (|K_i| - 1)} \right) \left( \frac{\sum_{d=1}^2 \sum_{i=1}^2 u_i^d (|K_{3-i}| - u_{3-i}^d)}{2|K_1||K_2|} \right) \rightarrow \max_{\pi_1 < \pi_2 < \pi_3}, \quad (1)$$

где  $u_i^d (u_{3-i}^d)$  – количество значений признака  $x_c \in X(n)$  у объектов из класса  $K_i (K_{3-i})$  в  $d$ -ом интервале. Множество допустимых значений критерия (1) принадлежит  $(0; 1]$  и используется для оценки компактности объектов классов на числовой оси. Граница (порог) между классами  $K_1$  и  $K_2$  для количественного признака  $x_a \in X(n)$  определяется как

$$\Gamma_a = \frac{\pi_2 + b}{2}, \quad (2)$$

где  $b$  – ближайшее к  $\pi_2$  значение из интервала  $(\pi_2; \pi_3]$ , вычисляемого по (1).

Замену градаций номинальных признаков на значения функции принадлежности объектов к классам предлагается использовать при синтезе латентных признаков по правилам иерархической агломеративной группировки. Алгоритм и правила группировки количественных признаков описаны в [3]. Реализация процесса попарного объединения признаков для формирования множества из непересекающихся групп  $\mathcal{B} = \{G_1, \dots, G_t\}$ ,  $t \geq 1$  основана на использовании экстремальных значений критерия (1) и соответствующих ему границ двух непересекающихся интервалов.

Обозначим через  $Y(n-q)$  набор из латентных и исходных признаков на  $q$ -ом шаге иерархической группировки,  $Y(n) = X(n)$  при  $q=0$ . Проверке условия включения признака  $y_p \in Y(n-q)$  в группу  $G \in \mathcal{B}$  предшествует нормирование его значений с использованием границ интервала  $[\pi_{1p}; \pi_{2p}] (\pi_{2p}; \pi_{3p}]$  по формуле

$$a_p = (y_p - \pi_{2p}) / (\pi_{3p} - \pi_{1p}). \quad (3)$$

Для количественного признака значения границ интервалов  $[\pi_{1p}; \pi_{2p}] (\pi_{2p}; \pi_{3p}]$  определяются по критерию (1). После замены градаций номинального признака на значения функции принадлежности выбор границ  $\pi_{1p}, \pi_{3p}$  аналогичен (1).

Синтез значений латентного признака  $y \in Y(n-q-1)$  с нормированием по (3) для пары  $(y_i, y_j) \subset Y(n-q)$  производится по формуле

$$y = \eta_{ij} (t_i w_i a_i + t_j w_j a_j) + (1 - \eta_{ij}) t_{ij} w_{ij} (a_i a_j - \pi_{2ij}) / (\pi_{3ij} - \pi_{1ij}), \quad t_i, t_j, t_{ij} \in \{-1, 1\}, \quad \eta_{ij} \in [0; 1], \quad (4)$$

где  $w_i, w_j, w_{ij}$  – веса признаков и значения границ  $[\pi_{1ij}; \pi_{2ij}](\pi_{2ij}; \pi_{3ij}]$ , определяемые по (1). При реализации правил иерархической агломеративной группировки используется принцип динамического программирования. Группа  $G$  и латентный признак  $u$ , полученный на её основе по (4) считаются сформированными, если не существует пары  $(y, y_i)$ ,  $y_i \in Y(n-q)$  при объединении которой в  $u^* \in Y(n-q-1)$ , веса признаков по (1)  $w(y^*) \geq w(y)$ .

### Вычислительный эксперимент

Анализируются данные по 3-й хромосоме для 2504 объектов [4], которые содержат информацию по одиночным мутациям в некоторых кодирующих гены участках молекулы ДНК. При классификации ДНК по генотипу ELP6-201 в качестве целевого признака использовались данные из молекулы посредника РНК. В эксперименте рассматривается вариант разбиения объектов на два класса с одной и двумя мутациями. При формировании выборки для машинного обучения использовались лишь уникальные объекты. Из 52 объектов 27 были с одной мутацией, 25 с двумя.

Синтез двух наборов латентных признаков  $L_1$  и  $L_2$  из 38 исходных для ELP6-201 проводился по правилам иерархических агломеративных алгоритмов группировки соответственно по аддитивному и мультипликативному принципу. Мощность набора, сформированному по аддитивному принципу  $|L_1|=9$ , по мультипликативному –  $|L_2|=5$ . Результаты вычисления меры компактности (1) и точности распознавания по границе (2) для каждого латентного признака приводятся в табл. 1 и табл. 2.

Т а б л и ц а 1

Значения меры компактности и точности распознавания по набору  $L_1$

| № латентного<br>Признака | Значение         |                     |
|--------------------------|------------------|---------------------|
|                          | компактности (1) | точности в % по (2) |
| 1                        | 0,3197           | 69,23               |
| 2                        | 0,3216           | 71,15               |
| 3                        | 0,2848           | 65,38               |
| 4                        | 0,0743           | 3,85                |
| 5                        | 0,0743           | 3,85                |
| 6                        | 0,0743           | 3,85                |
| 7                        | 0,0743           | 3,85                |
| 8                        | 0,1419           | 50,00               |
| 9                        | 0,1419           | 50,00               |

Т а б л и ц а 2

Значения меры компактности и точности распознавания по  $L_2$

| № латентного<br>признака | Значение         |                     |
|--------------------------|------------------|---------------------|
|                          | компактности (1) | точности в % по (2) |
| 1                        | 0,8550           | 96,15               |
| 2                        | 0,3200           | 69,23               |
| 3                        | 0,2286           | 50,00               |
| 4                        | 0,0744           | 3,85                |
| 5                        | 0,0744           | 3,85                |

## Литература

1. Ignatyev N. A. Structure Choice for Relations between Objects in Metric Classification Algorithms // Pattern Recognition and Image Analysis. 2018. V. 28. № 4. P. 590–597.
2. Ignatev N. A. and Rahimova M. A. Formation and Analysis of Sets of Informative Features of Objects by Pairs of Classes // Scientific and Technical Information Processing, 2022, Vol. 49, No. 6, pp. 439–445.
3. Saidov D.Y. Data visualization and its proof by compactness criterion of objects of classes // (IJISA), 2017. Vol 9. № 8. P. 51–58.
4. Sudmant P. H. et al. "An integrated map of structural variation in 2,504 human genomes," Nature vol. 526, pp. 75–81, Oct. 2015. doi:10.1038/nature15394.

## СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТНИНГ ШАКЛЛАНИШИ ВА РИВОЖЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ

Раҳматуллаева Сарвиноз Ғайрат қизи

*Гулистон давлат университети, Аборот тизимлари ва тенологиялари йўналиши 1-  
босқич талабаси, Гулистон, Ўзбекистон*

Muallif elektron pochta si

rahmatullayevasarvinoz@gmail.com

XX иккинчи ярми шакллана бошлаган-XXI асрларда сўзсиз тан олинаётган ахборотлашган жамиятга тегишли ҳодисалардан бири сунъий интеллектдир. Сунъий интеллект (СИ) 1956 йилда Дартмут коллежи (Ганновер, АҚШ)да ёзги семинарда тўрт америкалик олим: Жон Маккарти, Марвин Мински, Натаниел Рочестер ва Клод Шеннон томонидан ташкил этилган ёзги семинарда расман эълон қилинган фан соҳасидир қилиш учун яратилган бўлиб, шу қадар машҳур бўлдики, бугунги кунда бу ҳақда ҳеч қачон эшитмаган одамни учратишингиз қийин. Вақт ўтиши билан информатиканинг ушбу тармоғи тобора ривожланиб борди ва сўнгги олтмиш йил ичида ақли технологиялар дунё кийёфасини ўзгартиришда муҳим рол ўйнади. Демак, сунъий интеллект–келиб чиқишига кўра информатика фанининг бир тармоғи бўлиб, у одатда инсон ақлини талаб қиладиган вазифаларни бажара оладиган дастур ва тизимларни яратиш билан шуғулланади.

Илм-фан ва ахборот-коммуникация технологиялари жадал тараққий этиб бораётган бугунги шароитда дунёнинг ривожланган мамлакатларида давлат ва жамият бошқаруви, иқтисодиёт, саноат, ижтимоий ҳимоя, таълим, тиббиёт, бандлик, қишлоқ хўжалиги, мудофаа, хавфсизлик, туризм ва бошқа соҳаларда замонавий ахборот технологиялари ва сунъий интеллект имкониятларидан кенг фойдаланиш урфга кирмоқда. Ўзбекистонда ҳам ахборотлаштириш ва рақамли иқтисодиётни ривожлантириш орқали 2030 йилга қадар инновацион тараққий этган етакчи давлатлар каторидан ўрин эгаллаш устувор вазифа сифатида белгиланган.

Ҳозирги вақтда ушбу восита иқтисодиётнинг барча соҳаларида кенг қўлланилмоқда. Сунъий интеллект технологияларини қишлоқ хўжалигида ва у билан туташ бўлган соҳаларда ҳам қўллаш учун алоҳида тўсиқлар мавжуд эмас. Ушбу технология ишлаб чиқариш ва бошқариш жараёнларини автоматлаштиришга имкон беради, шунингдек, катта ҳажмли тузилмага эга бўлмаган маълумотларда яширин боғлиқликларни аниқлаш имконини беради. Сунъий интеллект атамаси 1956-йилда Стэнфорд университети (АҚШ) томонидан таклиф қилинган. Интеллект – бу мақсадга эришишда зарур бўладиган омиллар ва усуллар тўпламидан иборат. Мақсадга эришиш – бу омилларга зарурий қоидаларни қўллашдан иборат.

Сунъий интеллект (СИ) – бу дастурий муҳитнинг шундай тизимики, унда инсон тафаккури компьютер жараёнига имитацияланган. Инсон ақлига хос ва ўхшаш нарсани яратиш ва ундан мураккаб ишларда фойдаланиш фикри қадимдан кишиларни

ўйлантириб келган. XIV асрда яшаган олим Р.Луллий тушунчалар малакасига асосланиб машина яратишга ҳаракат қилган. XVIII асрда яшаган Г.Лейбниц ва Р.Декарт бир-биридан мустақил ҳолда ҳамма фанлар бўйича универсал тил таклиф этишган. Ушбу таклиф сунъий интеллект ривожига асос бўлган. Сунъий интеллектнинг фан йўналиши сифатида ривожланиши ЭХМ пайдо бўлганидан сўнг мумкин бўлган. Бу нарса 20 асрнинг 40-йилларига тўғри келади. Шу пайтда Н.Винер янги фан кибернетикага асос солган. Сунъий интеллект тан олингандан кўп ўтмасдан у икки асосий йўналишга ажралди: "Нейрокибернетика" ва "қора яшик" кибернетикаси. Фақат ҳозирги пайтга келиб бу икки йўналиш яна қўшилиш тенденциясига йўл тутмоқда.

“Нейрокибернетика” йўналишини қуйидагича изоҳлаш мумкин: Ўйлаши ва фикр қилиши мумкин бўлган бирдан-бир объект бу-инсон миясидир. Шунинг учун бошқа яратиладиган фикрловчи қурилма унинг тузилишини акс эттириши керак. Шундай қилиб нейрокибернетика инсон миясига ўхшаш тузилмаларни моделлаштиришга қаратилган. Физиологлар томонидан инсон миясида ўзаро боғланган ва ўзаро амал қилувчи  $10^{21}$  тадан кўп нерв тўқималари - нейронлар борлиги олдиндан аниқланган. Шунинг учун нейрокибернетика мақсади нейронларга ўхшаш унсурларни яратиш ва улардан амал қилувчи бирикмалар тузиш эди. Бу бирикмаларни нейрон тармоқлари (нейросет) деб қабул қилинган. Сўнгги 20 йилликда жаҳон мамлакатлари ўртасида илм-фаннинг жадал ва шиддат билан ривожланиши ва сунъий интеллект асосида юқори техник ва технологик “қуролланиш” ортиб бормоқда.

Ҳозирги вақтда ҳаётимизнинг турли соҳаларида сунъий интеллект, роботлар ва уларнинг истиқболлари билан боғлиқ масала муҳокама қилинмоқда. Биз сўнгги ўн йилликлардаги Америка фильмларида кўп нарсаларни учратамиз. Бизни темир машиналар қўзғолони сахналари ва роботлар таъсири кўрकिлади. Бундан ташқари, асосий асосий тушунчалар тўғрисида ягона фикр йўқ: -фикрлаш; – онг; – ақл.

Сунъий интеллектнинг ривожланиши танлов имкониятларини кенгайтиришга имкон берадиган дастурларнинг вақти-вақти билан ишлашига асосланади. Григорий Бакунов (Yandex технологиялари бўйича директор) одамлар учун нейрон тармоқлар кераксиз қарорлардан халос бўлишга имкон беришини айтади. Бундан келиб чиқадики, уларни инсон ҳаёти иштирокисиз қарор қабул қилиш мумкин бўлган фаолият соҳаларида қўллаш мумкин. Келгуси йилларда айнан шу маҳорат ривожланади. Бу одамнинг қайта кўриб чиқилишини берилган саволнинг автоматик автоматик натижаси билан алмаштиришга имкон беради.

Бунинг ортидан ўз-ўзини ўрганиш деб номланган босқич келади, бу ўз-ўзини ўрганиш алгоритмларидан иборат бўлиб, у ўз-ўзини ўрганиш орқали машинани ўрганиш алгоритмларидан иборат-аста-секин ўсиб боровчи нейрон тармоқ. Ўз-ўзини ўрганиш таҳлил, синтез, таққослашни ўз ичига олади. Кейинги босқич-акс эттириш. Ушбу босқич хабардорлик қобилиятининг мавжудлигини тасдиқлайди.

Сунъий интеллект ҳақида гапирганда, биз ахлоқий муаммоларга дуч келамиз. Роботлаштириш босқичи техноген даражада кулликка олиб келиши мумкинми? Бошқача қилиб айтганда, биз компьютерни фикрлашга ўргата оламизми? Бу саволга жавоб бериш учун биз фикрлаш нима эканлигини тушунишимиз мумкин эмас. Виртуал фаолият жуда мураккаб, шунинг учун у компьютерда тўлиқ олиб ташланиши ва ижро этилиши керак бўлган жараён эмас.

Шунга қарамай, компьютерда фикрлаш жараёнининг алоҳида дақиқаларини яратиш мумкин. Инсониятнинг асосий вазифаси янада мураккаб ва мустақил машиналарни яратиш эмас, балки илгари яратилган машиналарни такомиллаштиришдир. Шунга қарамай, инсон ва сунъий интеллект ўртасидаги асосий фарқ мотивациядир. Мотивация одамнинг ҳаракатларига олиб келади. Тарихда мотивациянинг уч тури мавжуд эди: – жазодан кўрқишдан келиб чиқадиган ҳаракат; – рағбатлантиришга олиб келадиган ҳаракат; - сизнинг эътиқодингиз асосида амалга ошириладиган ҳаракат.



Шундай қилиб, сунъий интеллектда мотивация бўлмаса, у восита бўлиб қолади. Қуйидаги муаммоларни таъкидлашни истардим:-контсептуал аппаратлар идеалга келтирилмаган, тушунчалар ва фанлараро аппаратлар мавжуд эмас. - Инсониятнинг ҳал қилинмаган муаммоларининг хилма-хиллиги (ҳам ижтимоий, ҳам иқтисодий). Сунъий интеллектнинг назоратдан чиқиб кетиши эҳтимоли бўлиши мумкин. Юқоридаги муаммоларни юмшатиш мумкин. Усуллардан бири технологияни чеклаш бўлиши мумкин. Сунъий интеллектни кесиш функцияси билан таъминлаш мумкин. Албатта, энди бизнинг ҳаётимизнинг сунъий интеллектга эга бўлган кўплаб соҳалари мавжуд. Бу турли соҳаларни бошқаришда меҳнат зичлигини оширишга имкон беради ҳаёт. Бундан ташқари, бу хизматлар сифатини оширишга ёрдам беради. Сунъий интеллект турли йўналишдаги тизимларни замонавий иш шароитларига мослаштириш жараёни учун воситадир.

### **Фойдаланилган адабиётлар**

1. Самсонович О.О., Фокина Э. А. Сунъий интеллект-янги ҳақиқатлар // асосий ва фундаментал тадқиқотлар халқаро журнали. - 2018.№ 5–1. - С. 257-263.
2. Халилов Д. (2022). Сунъий интеллект ва радиал нейрон тармоқларнинг математик асослари. *Science and innovation*, 1(А6), 664-671.
3. Мухамедиева Д.Т. Норовшан ахборотларни қайта ишлаш асосида султ шаклланган жараёнларни башоратлаш ва муқобиллаштириш моделлари. «Фан ва технология» - Тошкент, 2012, 376 бет.
4. Мухамедиева Д.Т. Султ шаклланган жараёнларни норовшан моделларини қуришнинг нокоррект масалаларини ечиш усул ва алгоритмлари. «Наврўз» нашриёти. Тошкент, 2018 й. 216 бет.
5. Қаршиев Ж. (2023). Сунъий интеллект замонавий когнитив психологиянинг ҳодисаси сифатида. *Journal of Pedagogical and Psychological Studies*, 1(2), 90-95.

### **УДК 004.896**

## **ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ КОМБИНАЦИИ ПРИЗНАКОВ В АЛГОРИТМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ**

А.О. Тиллаволдиев<sup>1,а)</sup>, Ф.Ф.Мелиев<sup>1,б)</sup>,

<sup>1</sup>*НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта.*

<sup>а)</sup> farhodmeliev84@gmail.com, <sup>б)</sup> azizbek.otabekovich@gmail.com

Алгоритмы распознавания играют важную роль в обработке данных и принятии решений на основе этих данных. Одним из ключевых аспектов в разработке эффективных алгоритмов распознавания является выделение предпочтительных комбинаций признаков [1]. Под предпочтительными комбинациями признаков понимаются те, которые наилучшим образом отражают важные характеристики данных и способствуют более точному и эффективному распознаванию объектов или явлений.

Основная задача алгоритмов распознавания состоит в том, чтобы на основе имеющихся данных классифицировать объекты или делать другие выводы о данных [2]. При этом выбор подходящих признаков или их комбинаций имеет решающее значение для точности и надежности алгоритмов.

В данном контексте выделение предпочтительных комбинаций признаков становится ключевым шагом. Это позволяет сократить размерность данных, убрав избыточные или менее информативные признаки, а также выделить наиболее значимые характеристики, которые существенно влияют на результаты распознавания.

**Основная часть.** Для достижения этой цели используются различные методы [3], включая алгоритмы машинного обучения, статистические подходы, исследование корреляций между признаками и другие техники. Каждый из

этих методов имеет свои преимущества и ограничения, и выбор конкретного подхода зависит от конкретной задачи распознавания и характеристик данных.

Далее в статье мы рассмотрим более подробно различные методы выделения предпочтительных комбинаций признаков, их применение в различных областях и исследования, подтверждающие их эффективность и значимость в контексте алгоритмов распознавания.

Сильносвязанные объекты играют важную роль в анализе данных и распознавании, особенно в контексте выделения предпочтительных комбинаций признаков. Ниже представлен обзор основных методов анализа сильносвязанных объектов и их влияние на задачи распознавания:

#### **Кластеризация:**

Метод кластеризации позволяет группировать схожие объекты в кластеры на основе их признаков или характеристик. Сильносвязанные объекты часто сгруппированы в один кластер или близкие кластеры, что облегчает выделение предпочтительных комбинаций признаков внутри кластеров.

#### **Анализ сетей:**

Сильносвязанные объекты могут быть представлены в виде сетей или графов, где узлы представляют объекты, а связи между узлами обозначают сильные связи. Анализ сетей позволяет выявлять структуру связей между объектами и их влияние друг на друга, что может быть полезно при распознавании объектов.

#### **Изучение корреляций:**

Анализ корреляций между признаками или характеристиками объектов помогает выявлять сильные зависимости между ними. Сильносвязанные объекты обычно имеют высокие корреляции между своими признаками, что можно использовать для выделения предпочтительных комбинаций признаков.

#### **Методы машинного обучения:**

Методы машинного обучения, такие как алгоритмы кластеризации, классификации и регрессии, могут использоваться для анализа сильносвязанных объектов и выделения предпочтительных комбинаций признаков [4]. Эти методы позволяют автоматически выявлять закономерности и шаблоны в данных, что полезно для распознавания объектов.

Роль анализа сильносвязанных объектов в распознавании заключается в том, что он помогает выделить наиболее важные и информативные признаки или их комбинации для эффективного распознавания объектов. Это позволяет улучшить точность и производительность алгоритмов распознавания за счет исключения избыточной или малоинформативной информации и сосредоточения на ключевых характеристиках объектов.

Упоминание значимости и потенциальных преимуществ использования предпочтительных комбинаций признаков в алгоритмах распознавания:

Использование предпочтительных комбинаций признаков играет ключевую роль в повышении эффективности и точности алгоритмов распознавания [5]. Ниже приведены основные аспекты значимости и преимуществ использования таких комбинаций:

Уменьшение размерности данных: Выбор наиболее информативных и значимых признаков позволяет уменьшить размерность данных, что снижает вычислительную сложность алгоритмов и улучшает их производительность.

Улучшение точности: Предпочтительные комбинации признаков обычно содержат наиболее важные характеристики объектов, что способствует улучшению точности и надежности алгоритмов распознавания.

Более интерпретируемые модели: Использование предпочтительных комбинаций признаков делает модели более интерпретируемыми, так как они фокусируются на ключевых аспектах данных и обеспечивают понимание причинно-следственных связей.

Сокращение издержек обучения: Выбор предпочтительных комбинаций признаков позволяет сократить время и затраты на обучение моделей, так как учитываются только наиболее значимые аспекты данных.

Улучшение обобщающей способности: Предпочтительные комбинации признаков способствуют созданию более обобщающих моделей, которые лучше справляются с новыми, ранее не виденными данными.

Таким образом, использование предпочтительных комбинаций признаков не только повышает эффективность и точность алгоритмов распознавания, но также делает модели более интерпретируемыми, экономичными и способствует их лучшей обобщающей способности. Эти преимущества делают выделение предпочтительных комбинаций признаков важной стратегией в разработке алгоритмов распознавания.

### Использованная литература

1. Камилов М.М., Фазылов Ш.Х., Мирзаев Н.М., Раджабов С.С. Модели алгоритмов распознавания, основанных на оценке взаимосвязанности признаков. – Ташкент: Fan va texnologiya, 2020. – 149 с.
2. Журавлев Ю.И. Об одной модификации алгоритмов вычисления оценок. Интеллектуализация обработки информации: Тезисы 10-го Международной конференции. – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2015. Т. 10. – №1. – С.11–12.
3. Игнатъев О.А. Построение корректной комбинации алгоритмов вычисления оценок, настроенных методом скользящего контроля. Журнал вычислительной математики и математической физики. – Москва, 2015. – Том 55, № 12. – С. 2123–2129.
4. Lantz Brett. Machine Learning with R: Expert techniques for predictive modeling. – Packt Publishing Ltd., 2019. – 488 p
5. Fazilov S.K., Mirzaev N.M., Mirzaeva G.R., Tashmetov S.E. Construction of Recognition Algorithms Based on the Two-Dimensional Functions. Communications in Computer and Information Science, 2019. Vol. 1035. P. 474–483. DOI: 10.1007/978-981-13-9181-1\_42

## O‘QUVCHILAR BILIMINI BAHOLASHDA LOGISTIK REGRESSIYA MASHINA O‘QITISH ALGORITMIDAN FOYDALANISH

Samandarov E. K.<sup>1, a)</sup>

*1”TIQXMMI” qoshidagi “FATI” tayanch doktoranti*

Author Email

<sup>a)</sup> samandaroverka09@gmail.com

Tarixga soladigan bo‘lsak, jamiyat taraqqiyotida uchta omil asosiy rol o‘ynaganini kuzatishimiz mumkin, bular: fan, san’at va sport. Ta’lim ushbu uch omilni birlashtiradigan asosiy omil hisoblanadi. Rivojlangan mamlakatlarga nazar tashlaydigan bo‘lsak, yuqoridagi uch jihat yaxshi rivojlanganligini kuzatishimiz mumkin. Rivojlanishning asosiy sabablaridan biri ta’lim sohasini takomillashtirish hisoblanadi. Hozirgi kunda ta’limning rivojiga ko‘plab to‘siqlar mavjud. Ayrim to‘siqlar tabiiy to‘siqlar, ayrimlari sun’iy to‘siqlar [2]. Ushbu muammolarni hal qilish uchun hozirgi kundagi optimal vositalardan biri bu sun’iy intellekt hisonlanadi.

Sun’iy intellekt jamiyatdagi ko‘plab sohalarga tadbiiq qilinib, muammolarni echishga yordam bermoqda. Ta’lim sohasida sun’iy intellektni qo‘llanilishi yuqoridagi muammolarni hal qilishga yordam beradi. Mashina o‘rgatish algoritmlari sun’iy intellektning tarkibiy qismi hisoblanib, ushbu algoritmlar sun’iy intellektning funksional qismi hisoblanadi. Ushbu maqolada yoritiladigan logistik regressiya algoritmi ham mashina o‘rgatish algoritmi hisoblanadi. Ushbu algoritim asosan klassifikatsiya va regressiya masalalarini echishda qo‘llaniladi. Dastlab algorimning matematik modelini ko‘rib chiqamiz. Logistik regressiyaning eng oddiy shakli ikkilik yoki binomial logistik regressiya bo‘lib, unda yakuniy natija faqat ikkita qiymatdan iborat bo‘lishi mumkin, ya’ni 1 yoki 0. Bu bizga bir nechta bashorat qiluvchi

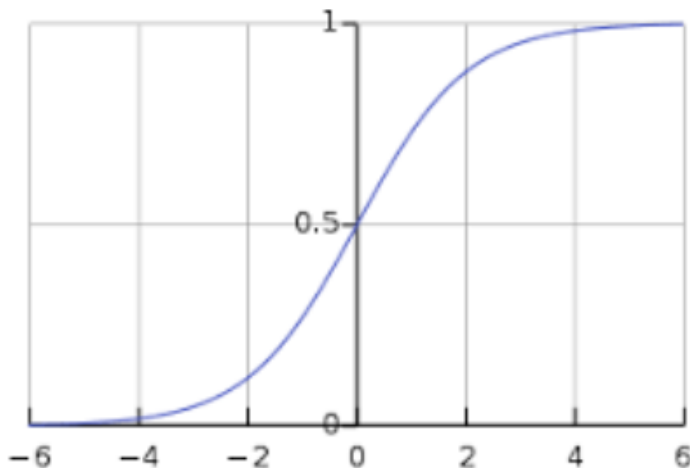
o'zgaruvchilar va ikkilik/binomli maqsadli o'zgaruvchi o'rtasidagi munosabatni modellashtirish imkonini beradi. Logistik regressiya holatida chiziqli funktsiya (formula 1) asosan boshqa funktsiyaga kirish sifatida ishlatiladi.

$$h_{\theta}(x) = g(\theta^T x), \text{ bunda } 0 \leq h_{\theta} \leq 1 \quad (1)$$

Bu erda  $g$  logistik yoki sigmasimon funktsiya bo'lib, uni quyidagicha yozish mumkin

$$g(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}, \text{ bunda } z = \theta^T x \quad (2)$$

Sigmasimon egri chiziqni quyidagi grafik yordamida tasvirlash mumkin. Biz  $y$  o'qining qiymatlari 0 dan 1 gacha ekanligini va o'qni 0,5 da kesib o'tishini ko'rishimiz mumkin [3].



Rasm 1. Sigmasimon funktsiya grafigi.

Rasm 1 da tasvirlanganidek erkli o'zgaruvchilar sigmaoid funktsiya yordamida ikkita qiymatga klassifikatsiya qilinishi yoki qiymatlar bashorat qilinishi mumkin.

Ushbu akgoritm bizning holatimizda o'quvchilarning psixologik holatini aniqlashda, fanlarga qiziqishini aniqlashda, o'quvchilarni baholashda qo'llaniladi.

#### **Xulosa va takliflar:**

Xulosa qilib aytganda, logistic regressiya mashina o'qitish algoritmi o'quv jarayonida qo'llaganda 98.05% samaradorlikga erishilgan. Ushbu natija yuqori hisoblanib, o'quvchilarni sifatli ta'lim olishida muhim rol o'ynaydi [1].

#### **Adabiyotlar**

1. Ofori F., Maina E., Gitonga R. Using machine learning algorithms to predict students' performance and improve learning outcome: A literature based review //Journal of Information and Technology. – 2020. – T. 4. – №. 1. – C. 33-55.
2. Samandarov E. MAKTAB O'QUVCHILARI UCHUN SUN'IY INTELLEKTGA ASOSLANGAN TA'LIM PLATFORMASINI YARATISH //Engineering problems and innovations. – 2023.
3. Tulkunovna M. D., Karimboyevich S. E. The role of artificial intelligence in education //Science and innovation. – 2022. – T. 1. – №. Special Issue 2. – C. 39-45.

## **IDENTIFICATION OF POTATO LEAF DISEASES WITH CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**

L.P. Varlamova<sup>1,a)</sup>, Zhang Hongzhi<sup>1,2</sup>, Tashmamatov H.H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek Faculty of Applied Mathematics and intellectual Technologies.

<sup>2</sup>JiNing Normal University, School of Mathematics and statistic

Author Email

<sup>a)</sup> dimirel@gmail.com

In recent years, convolutional neural network (CNN) has achieved remarkable research results in image classification and recognition. In order to achieve potato leaf disease recognition and timely control, this paper takes potato early blight and late blight as the research object, and constructs a potato disease recognition model based on convolutional neural network, with a view to obtaining better recognition performance.

In 2006, Hinton et al. from the University of Toronto used deep neural networks for feature dimensionality reduction, which opened the era of deep learning [1]. In recent years, deep learning based on convolutional neural networks has been widely used in the field of image recognition. In 2012, Hinton et al. used deep networks to automatically extract features, and achieved good results in the Image Net image set classification problem. A. Krizhevsky et al [2] applied CNN to rice disease classification, firstly constructed a dataset with 500 rice disease images captured from experimental paddy fields, and then used AlexNet network to construct a CNN architecture for rice disease classifier, and the experimental results showed that the deep CNN was superior to traditional machine learning algorithms, and the recognition accuracy was above 90%. A. Vedaldi et al [3] proposed a CNN-based classifier for cucumber diseases, the dataset contains seven different types of diseases in addition to the health category, and the test results show that the algorithm has a recognition accuracy of 82.3%.

Plant diseases are often caused by microorganisms such as bacteria, fungi, nematodes and viruses [4-6]. Potato is the 4-th largest food product in the world, which can produce various diseases at different growth periods, among which the incidence of early and late blight is higher and the danger is serious. Potato early blight and late blight appear as dark brown spots on leaves during the onset of the disease, and the two diseases have similar symptoms and are difficult to distinguish. The traditional identification method relies on expert judgement, which requires a lot of professional knowledge, is affected by subjective factors, and is time-consuming, and cannot diagnose potato diseases in a timely and efficient manner. Therefore, it is of great practical significance to study an efficient and accurate intelligent identification method for potato diseases.

With the rise of computer vision, convolutional neural networks have been widely used in the fields of face recognition, image classification, and target detection, and have made great progress in agricultural crop disease recognition. In this study, based on deep learning theory, the intelligent recognition method of potato diseases is investigated, and a convolutional neural network model is constructed to intelligently identify early blight, late blight, and healthy leaves of potato, and to verify the accuracy and efficiency of the model.

### 1 Sample data set

In this study, 4728 potato pictures were collected to form the experimental dataset, including healthy potato leaf samples, potato early blight leaf samples and potato late blight leaf samples, of which 1534 were early blight, 1647 were late blight, and 1547 were healthy leaves.

### 2 Potato leaf disease recognition model

In this paper, a potato disease recognition model is constructed based on the structure of convolutional neural network, which consists of a convolutional module and a fully-connected module, including an input layer, a convolutional layer, a pooling layer, a fully-connected layer and an output layer, and is used to intelligently identify the early and late blight diseases of potato.

#### (1) Convolutional Layer

Convolutional layer is used to extract image features. The convolution layer consists of multiple convolution kernels, through the convolution operation can obtain multiple images of the feature map. The formula for the convolutional layer operation is shown in equation (1):

$$x_j^l = f \left( \sum_{x_i^{l-1} \in M_{l-1}} x_i^{l-1} \right) k_{ij}^l + b_j^l \quad (1)$$

where  $x_j^l$  is the  $j$ th feature map of layer  $l$ ,  $f$  is the activation function,  $M_{l-1}$  is the set of feature maps of layer  $l-1$ ,  $x_i^{l-1}$  is the  $i$ th feature map of layer  $l-1$ ,  $k_{ij}^l$  is the  $i$ th convolution kernel of  $x_j^l$ , and  $b_j^l$  is the bias of the  $j$ th feature map of layer  $l$ .

### (2) Pooling layer

Pooling layer is essentially to reduce the dimensionality of the feature map, this paper uses the maximum pooling shown in equation (2),  $down$  denotes the pooling function.

$$x_j^l = down(x_j^{l-1}) \quad (2)$$

### (3) Fully Connected Layer

The outputs of all neurons in the fully connected layer receive the outputs of the neurons of the previous layer in fully connected form. The neuron formula is shown in [3]:

$$x_j^l = f(w^l x_i^{l-1} + b^l) \quad (3)$$

Where:  $b$  is the bias term and  $w$  is the weight parameter.

### (4) Output layer

Classifier as shown in [4] used for classification and the maximum value is output as the classification result.

$$h_\theta(x^{(i)}) = \begin{bmatrix} p(y^{(i)} = 1 | x^{(i)}; \theta) \\ p(y^{(i)} = 2 | x^{(i)}; \theta) \\ \vdots \\ p(y^{(i)} = m | x^{(i)}; \theta) \end{bmatrix} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m e^{\theta_j^T x^{(i)}}} \begin{bmatrix} e^{\theta_1^T x^{(i)}} \\ e^{\theta_2^T x^{(i)}} \\ \vdots \\ e^{\theta_m^T x^{(i)}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Where:  $y^{(i)}$  is the number of image labels;  $m$  is the total number of image categories;  $x^{(i)}$  is the image feature vector;  $\theta$  is the set of training model parameters.

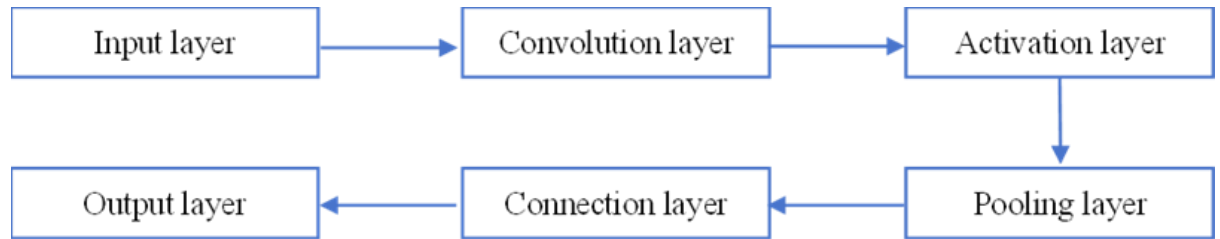


Fig. 1 Structural diagram of convolutional neural network

### 3 Indicator evaluation analysis

Precision, Recall and F1-Score were used as the evaluation indexes to evaluate the performance of the model. Let TP be the number of correctly classified positive classes, TN be the number of correctly classified negative classes, FP be the number of incorrectly classified positive classes, and FN be the number of incorrectly classified negative classes. Then the expression for calculating the evaluation index is:

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (5)$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (6)$$

$$\text{F1-Score} = \frac{2TP}{2TP+FP+FN} \quad (7)$$

The higher the individual values of Precision, Recall and F1-Score, the better the recognition of the model and the higher the prediction accuracy of the model.

## References

1. Hinton G E, Salakhutdinov R R. Reducing the dimensionality of data with neural networks [J] . Science, 2006, 313( 5786) : 504 – 507.
2. Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G. E. Imagenet Classification with Deep Convolutional Neural Networks[C]//Proceedings of the 25th International Conference on Neural Information Processing Systems. Lake Tahoe : ACM, 2012, 60(6) : Pp.1097-1105.
3. Vedaldi A, Lenc K. MatConvNet : Convolutional Neural Networks for MATLAB[C]//Proceedings of the 23rd ACM International Conference. [S. l.] : ACM, 2015 : Pp.689-692.
4. Bischoff V., Farias K., Menzen J. P., and. Pessin G, “Technological support for detection and prediction of plant diseases: A systematic mapping study,” Computers and Electronics in Agriculture, -181 p. 105922, 2021. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105922
5. Varlamova L.P., Convolution of Images Using Deep Neural Networks in the Recognition of Footage Objects, Part of the book “Artificial Intelligence for Studies for Sustainable Development: Theory, Practice and Future Applications” Studies in Computational Intelligence , Vol. 912, Aboul-Ella Hassanien et al. (Eds): Artificial Intelligence for Sustainable Development: Theory, Practice and Future Applications, 978-3-030-51919-3, 493719\_1\_En. –Pp.171-191.
6. Richard O. Duda, Peter E. Hart. Pattern classification and scene analysis. A Wiley-Interscience publication , 1974. -1072p.

## RESEARCH ON THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY IN SCIENTIFIC TERM RETRIEVAL UNDER THE FRAMEWORK OF BIG DATA

Yao Yuge <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Ulanqab Key Laboratory of Intelligent Information Processing and Security, Jining Normal University, Ulanqab 012000, Inner Mongolia Autonomous Region, China*

<sup>2</sup> *Faculty of Education and Liberal Studies, City University Malaysia, Petaling Jaya 46100, Selangor, Malaysia*

With the rapid development of big data technology, scientific term retrieval faces unprecedented challenges and opportunities. This paper delves into the application of artificial intelligence technology in scientific term retrieval under the background of big data, analyzing its advantages, challenges, and future development trends. Through a review of existing research, this paper proposes a scientific term retrieval method based on artificial intelligence technology and validates its effectiveness through experiments. The research results show that artificial intelligence technology has significant advantages in scientific term retrieval, greatly improving retrieval efficiency and accuracy, and providing strong support for researchers.

### 1 Introduction

Scientific term retrieval is an indispensable part of scientific research, playing a crucial role in promoting scientific innovation and academic exchange. However, in the era of big data, scientific term retrieval faces challenges such as large-scale data, rapid updates, and complex structures. Traditional retrieval methods can no longer meet the needs of modern scientific research. Therefore, seeking new technical means to improve the efficiency and accuracy of scientific term retrieval has become a hot research topic. The development of artificial intelligence technology provides new solutions for scientific term retrieval. This paper aims to explore the application of artificial intelligence technology in scientific term retrieval under the background of big data and its effects.

### 2 Application of Artificial Intelligence Technology in Scientific Term Retrieval

## 2.1 Scientific Term Representation and Matching Based on Deep Learning

Deep learning technology can automatically extract semantic features of scientific terms, achieving efficient and accurate representation and matching. This paper utilizes deep learning models to vectorize scientific terms and achieve retrieval through similarity calculation. Experimental results show that this method has higher precision and recall in scientific term retrieval [1].

## 2.2 Application of Natural Language Processing in Scientific Term Retrieval

Natural language processing technology can automatically analyze and process scientific term texts, extract key information, and provide strong support for retrieval. This paper uses techniques such as named entity recognition and syntactic analysis to parse scientific term texts, improving retrieval accuracy [2].

## 2.3 Application of Knowledge Graph in Scientific Term Retrieval

Knowledge graphs can construct relational networks between scientific terms, achieving semantic-level retrieval. This paper utilizes knowledge graph technology to build a network of scientific terms and achieve efficient retrieval through graph search algorithms. Experimental results show that this method significantly improves retrieval efficiency and coverage [3].

## 3 Application Evaluation and Optimization Strategies

This study designs and implements a series of experiments aimed at comprehensively evaluating the application effects of artificial intelligence technology in scientific term retrieval. Through comparative analysis of performance indicators of different methods, the significant advantages of artificial intelligence technology in scientific term retrieval are verified. Meanwhile, addressing the shortcomings of existing methods, this study proposes corresponding optimization strategies to further enhance retrieval effectiveness.

### 3.1 Application Effect Evaluation

To objectively evaluate the performance of different artificial intelligence methods in scientific term retrieval, this study selects precision, recall, and F1 score as evaluation metrics. The following table 1 presents the experimental results:

Table 1 Application Effect

| Method | Precision | Recall | F1 Score |
|--------|-----------|--------|----------|
| A      | 0.85      | 0.78   | 0.81     |
| B      | 0.82      | 0.85   | 0.83     |
| C      | 0.89      | 0.80   | 0.84     |

From the table, it can be observed that Method C performs best in precision, Method B excels in recall, and Method A slightly lags behind Method C in F1 score. This indicates that different methods have their own strengths in different metrics, and the choice should be made according to specific needs. Additionally, this study employs formulas to calculate these evaluation metrics for precise quantification of the performance of different methods. The formulas for precision, recall, and F1 score are as follows:

$$\text{Precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP}) \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}) \quad (2)$$

$$\text{F1 Score} = 2 * (\text{Precision} * \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall}) \quad (3)$$

Here, TP represents true positive, FP represents false positive, and FN represents false negative [4].

### 3.2 Optimization Strategies

Despite the achievements made by artificial intelligence technology in scientific term retrieval, there are still challenges and deficiencies. To further improve retrieval effectiveness, this study proposes the following optimization strategies:

#### 3.2.1 Model Fusion

Integrate the advantages of various artificial intelligence methods to construct hybrid models. For example, combining representation learning methods based on deep learning with text analysis methods based on natural language processing to fully utilize their respective strengths.



### **3.2.2 Feature Enhancement**

Introduce more feature information tailored to scientific terms, such as domain knowledge and term context, to enhance the model's expressive power and accuracy.

### **3.2.3 Data Augmentation**

Increase the scale and diversity of training data through methods such as data augmentation and data labelling to enhance the model's generalization ability and robustness.

### **3.2.4 Algorithm Optimization**

Optimize and improve algorithms at the algorithm level to address the deficiencies of existing algorithms, such as improving loss functions and optimizing model structures, to enhance the model's retrieval performance [1].

In conclusion, this study thoroughly discusses the application of artificial intelligence technology in scientific term retrieval under the framework of big data. Through the design and implementation of a series of experiments, this study verifies the significant advantages of artificial intelligence technology in scientific term retrieval and provides specific performance evaluation results. The experimental data indicate that the scientific term retrieval method based on artificial intelligence technology performs well in key indicators such as precision, recall, and F1 score.

Additionally, this study proposes optimization strategies such as integrating multiple methods, optimizing model structures, introducing domain knowledge, and processing large-scale data to address the shortcomings of existing methods. The implementation of these strategies is expected to further improve the efficiency and accuracy of scientific term retrieval, providing researchers with more convenient and efficient retrieval tools.

## **4 Conclusion and Outlook**

In conclusion, this study thoroughly investigates the integration of artificial intelligence technology with scientific term retrieval within the context of big data. Through rigorous experimentation, it confirms the substantial benefits of artificial intelligence in enhancing precision, recall, and F1 score metrics [5]. Furthermore, by proposing optimization strategies like method fusion and data augmentation, the study anticipates further improvements in retrieval efficiency and accuracy. Looking ahead, future research avenues include deeper integration of advanced AI techniques, real-time adaptation to evolving scientific terms, interdisciplinary collaboration, and ethical considerations to ensure responsible data handling [6]. Overall, the application of AI in scientific term retrieval holds immense promise, with ongoing research poised to deliver more sophisticated and effective retrieval tools for researchers.

## **References**

1. Shorten, C., Khoshgoftaar, T. M., & Furht, B. (2021). Text data augmentation for deep learning. *Journal of big Data*, 8(1), 101.
2. Guo, L. (2017). Research on Automatic Classification of Literature Based on Convolutional Neural Networks. *Library and Information*, 37(06), 96-103.
3. Zhou, Y., Wang, W., Qiao, Z., Xiao, M., & Du, Y. (2020). A review of methods and applications for constructing knowledge graphs of science and technology big data. *Science China: Information Sciences*, 50(7), 957-987.
4. Leng, F., Bai, R., & Zhu, Q. (2013). Research on a Hybrid Semantic Information Extraction Method for Scientific Literature. *Library and Information Service*, 57(11), 112-119.
5. Zhang, Z., Liu, H., & Yu, G. (2021). Constructing an Artificial Intelligence Engine Based on Scientific Literature Knowledge. *Journal of Agricultural Library and Information Science*, 33(1), 17-31.
6. Guo, M., Zhang, X., Tang, H., Meng, Q., & Ren, L. (2021). Research on the Application of Artificial Intelligence in Machine Translation. *Journal of Henan University of Science & Technology, Natural Science*, 42(3).

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВАХ

Ю.Ш. Авазов – д.т.н., профессор каф. АПП ТГТУ

К.Р.Абдуллаева – ст. преп. каф. АПП ТГТУ

*Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова*

Развитие цифровых технологий и рост автоматизации производственных процессов увеличивает сложность современных систем управления, что ведёт к увеличению требований к интеллектуальным тренажёрным системам для обучения операторов. Авторы работ [1, 2] в своих работах анализировали основные проблемы встречающиеся в работе операторов из-за возросшей сложности систем управления, которые могут привести к большим потерям. Согласно проведённому анализу литературных данных большинство потерь до 30% в производстве происходит из-за ошибки операторов. Кроме того, стоимость повреждений, произошедших с 2008 по 2023 г. в производстве примерно оценивается более чем в 40 млрд долл., вызванных нарушениями технологического режима. Отсутствие достаточной подготовки операторов является основной причиной аварийных ситуаций на производствах.

На основе анализа можно сказать, что неправильное управление оператором технологическими процессами приводит к нештатным ситуациям и авариям. Данные ситуации возникают не только из-за отказа оборудования а с неадекватной реакцией оператора, который может превратить возможную небольшую проблему в серьёзную аварию. Исследования, проведённые на более 50 нефтяных предприятий, для определения ответственных за аварийные ситуации показали, что, причиной большинства аварий является ошибочная принятие решения, сделанное оператором. Таким образом, можно сделать вывод, что понимание/осведомленность операторов и их точные действия имеют важное значение для обеспечения безопасности и производительности промышленных предприятий. Большинство работ по разработке тренажёров [3, 4] направлены на создание обучающих тренажеров для операторов в примышленных производствах. Но данные работы рассматривают конкретные ситуации.

Интеллектуальные обучающие системы, также известные как интеллектуальные адаптивные системы обучения, используют передовые технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение, для персонализации и оптимизации процесса обучения для отдельных учащихся. Эти системы разработаны таким образом, чтобы имитировать роль преподавателя-человека, предоставляя учащимся индивидуальное обучение, обратную связь и поддержку, основанные на их уникальных потребностях, предпочтениях и успеваемости.

Ключевые особенности интеллектуальных систем обучения включают:

- Персонализация: эти системы адаптируют содержание, темп и уровень сложности в соответствии со стилем обучения, уровнем знаний и успеваемостью каждого учащегося. Анализируя данные о взаимодействии и успеваемости учащихся, они могут предоставлять индивидуальные возможности обучения, учитывающие их сильные и слабые стороны.
- Обратная связь и оценка: Интеллектуальные системы обучения обеспечивают немедленную и целенаправленную обратную связь с учащимися, помогая им выявлять ошибки, заблуждения и области, требующие улучшения. Благодаря постоянной оценке и анализу ответов учащихся, эти системы могут динамически корректировать стратегии обучения для оптимизации результатов обучения.

- **Адаптивное обучение:** Эти системы используют алгоритмы и прогнозирующие модели для динамической настройки последовательности и представления учебных материалов на основе взаимодействия учащихся в режиме реального времени и данных об успеваемости. Выявляя закономерности и тенденции в поведении учащихся, они могут проводить учебные мероприятия, которые наиболее эффективны для каждого учащегося.
- **Вовлечение и мотивация:** Интеллектуальные системы обучения используют элементы геймификации, интерактивного моделирования и мультимедийного контента для повышения вовлеченности и мотивации учащихся. Включая элементы вызова, исследования и вознаграждения, они создают захватывающий опыт обучения, способствующий активному участию и получению удовольствия.
- **Аналитика на основе данных:** Эти системы собирают и анализируют огромные объемы данных о взаимодействии учащихся, их предпочтениях и успеваемости, чтобы генерировать полезные идеи для преподавателей и администраторов. Выявляя тенденции, закономерности и корреляции в данных об учащемся, они могут служить основой для принятия учебных решений, разработки учебных программ и образовательной политики.

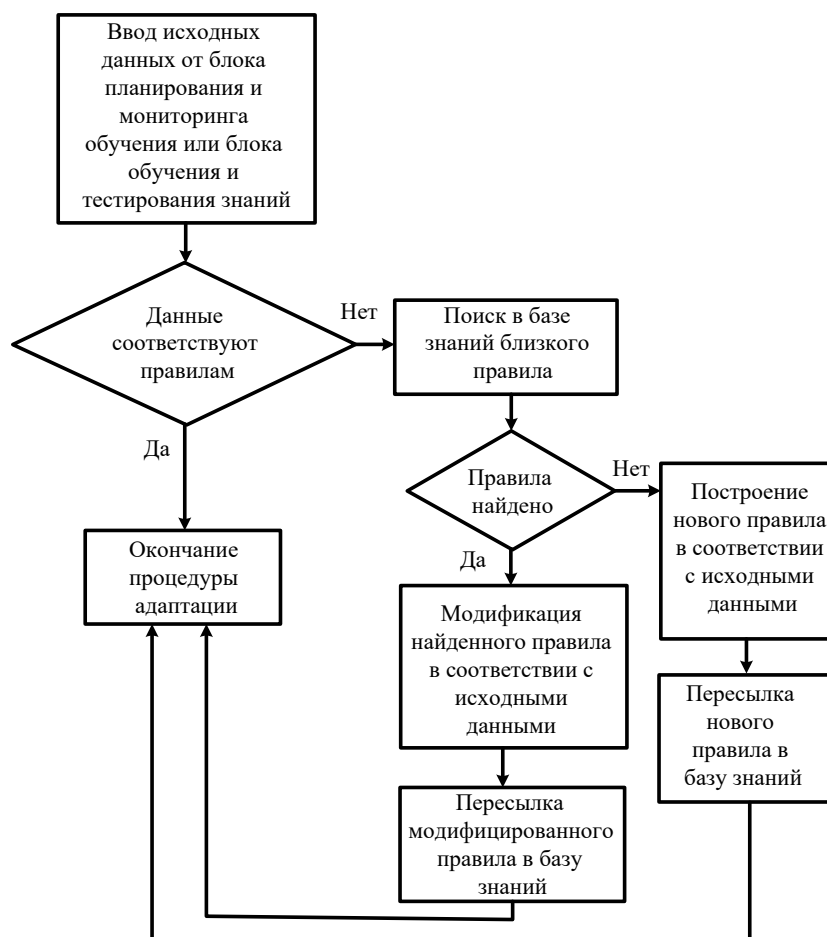


Рисунок 1. Схема функционирования адаптации тренажёрного комплекса с экспертными системами.

В области нефтегазовой отрасли, например, существуют компьютерные тренажеры для обучения операторов технологическим процессам. Они помогают операторам управлять сложными технологическими процессами, качество которых часто зависит от их действий<sup>1</sup>. В статье, которую я нашел, представлен краткий обзор существующих программно-тренажерных комплексов для обучения операторов

технологическим процессам нефтегазовой отрасли, обозначены основные проблемы развития компьютерных тренажеров, а также пути их усовершенствования.

В целом, интеллектуальные тренажеры по технологическим процессам являются важным инструментом для подготовки квалифицированных специалистов в различных отраслях промышленности. Они обеспечивают практическую подготовку, позволяют операторам узнать и понять технологические процессы и оборудование, с которым они будут работать, и помогают улучшить безопасность и эффективность работы.

## Литература

1. Hatfield L., Margaret M., Theresa M. A systematic review of the effects of repeated painful procedures in infants: Is there a potential to mitigate future pain responsivity. *Journal of Nursing Education and Practice*. 3. 2013, pp. 169-175.
2. Гаврилова Т. А. Человеческий фактор и модель пользователя в интеллектуальных обучающих системах. IV национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект – 2014». Сб. науч. тр., Рыбинск, 2014. С.99–103.
3. Nazir T. Use and Adequacy of e-Resources by the Research Scholars and Students of the University. *Brazilian Journal of Information Science: Research Trends* 9, 2015, pp 13-21.

## RESEARCH ON TOMATO DISEASE DETECTION MODEL BASED ON YOLO

Ru Jiang<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup> *Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.*

Author Emails

a) 346457073@qq.com

In order to accurately identify the types of tomato diseases, this material carries out the research on the tomato disease detection algorithm based on YOLOv5. In this study, the performance impact of different optimizers on tomato disease detection models was compared, and high-precision detection of tomato diseases was achieved. The final detection accuracy of this tomato disease detection model is up to 97.5%.

### 1. Introduction

As an important economic crop, the yield of tomato will be affected by a variety of diseases in the planting process, and the lack of timely prevention and control will cause a lot of losses to the tomato planting industry [1]. Therefore, timely mastering the development of diseases plays an important role in tomato cultivation and harvest [2]. Convolutional neural network can effectively overcome the defects of traditional machine learning and build feature extractors with higher detection accuracy and generalization ability, and has been applied to the field of agricultural disease detection [3].

### 2. Dataset establishment

In this research, three kinds of tomato diseases with high incidence rate, together with healthy tomato leaves, are used as research objects to establish image datasets. An example of a single picture for each category of the dataset is shown in Figure 1. The research dataset source of this material is the Tomato dataset publicly available on Kaggle website.



(a) Healthy (b) Late\_blight (c) Powdery\_mildew (d) Yellow\_leaf\_curl\_virus

Figure. 1 Example of tomato disease species

After image preprocessing and LabImg labeling, the dataset images are stored as tomato disease dataset. This dataset contains a total of 4000 images of four kinds of tomato leaf, and the final number of each category are shown in Table 1.

Tab.1 General information on the dataset of tomato disease

| Label Name | Healthy | Late_blight | Powdery_mildew | Yellow_leaf_curly_virus |
|------------|---------|-------------|----------------|-------------------------|
| Image size | 256×256 | 256×256     | 256×256        | 256×256                 |
| Number     | 926     | 1003        | 847            | 1224                    |

### 3.YOLO tomato disease model training

In this study, YOLOv5s network model is selected as the basic network, and pre-training is carried out on the constructed dataset. YOLOv5s network model is shown in Figure. 2. In the training process, Adam and SGD optimizers are selected to train the tomato disease dataset, and the influence of different optimizers on the model training results is compared.

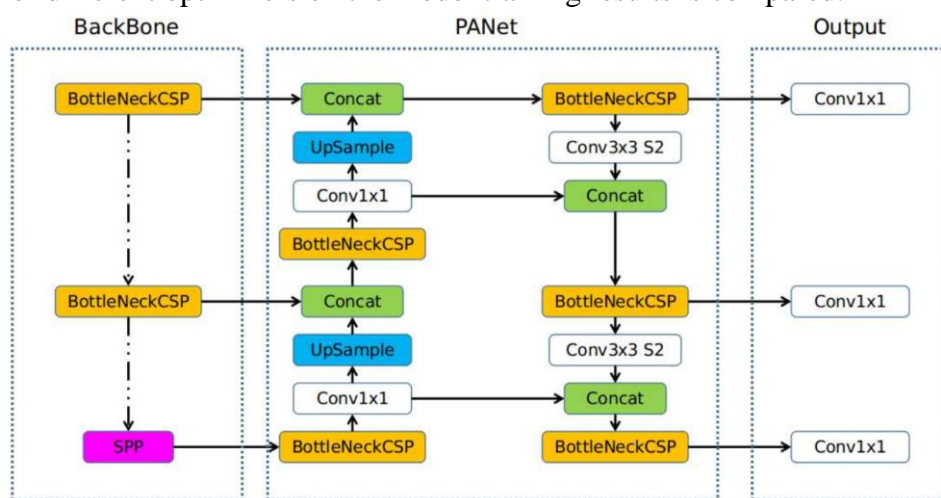


Figure. 2 Structure diagram of YOLOv5s[4]

In this study, the experiment running environment is windows10 64-bit system, and Pytorch 2.0.1 version of the open source deep learning framework is used, which supports GPU acceleration and dynamic neural network. In this experiment, the dataset is divided according to the 8:1:1 ratio of training set, validation set and test set. The number of fully connected layers in the model in this material is 4, which represents four different types of dataset category. The setting of specific initial experimental parameters is shown in Table 2.

Table 2 Initial experimental parameter Settings

| Parameters           | Value    |
|----------------------|----------|
| Batch size           | 16       |
| Number of iterations | 100      |
| optimizer            | SGD/Adam |
| Input size           | 256*256  |
| Learning rate        | 0.01     |

### 4. Training results and analysis

SDG and Adam optimizers were selected to complete 100 rounds of training on the tomato disease dataset, and the comparison of the training results of the two training models is shown in Figure 3. The final trained model performance data are shown in Table 3.

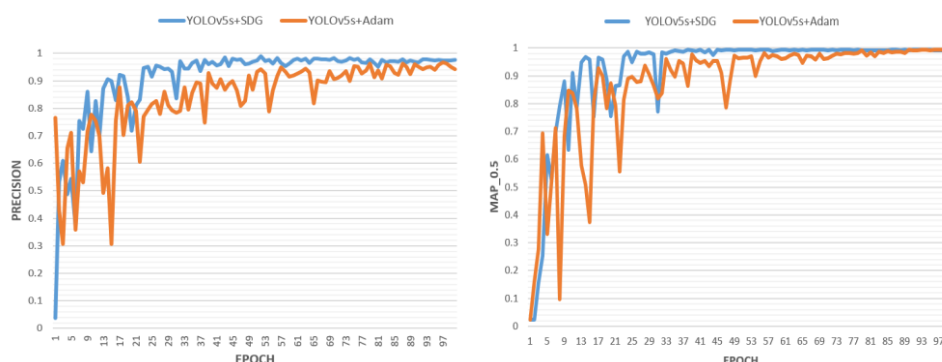


Figure. 3 Comparison of accuracy and mAP\_0.5 values of the two models

It can be seen from Figure 3 that after 100 rounds of training of YOLOv5s+SDG model on tomato disease dataset, the detection precision curve and mAP\_0.5 curve have reached the convergence state. However, the detection precision curve and mAP\_0.5 of YOLOv5s+Adam tomato disease model did not reach the convergence state after 100 rounds of training. It shows that for the tomato disease dataset in this study, YOLOv5s+SDG model has faster convergence speed than YOLOv5s+Adam model, and can achieve good results in a shorter training period.

Table 3 Comparison of the final training performance of the two models

| Model        | precision/% | recall/% | mAP_0.5/<br>% |
|--------------|-------------|----------|---------------|
| YOLOv5s+SDG  | 97.5        | 99.4     | 99.2          |
| YOLOv5s+Adam | 94.2        | 98.5     | 99.0          |

According to the above experimental comparison results, YOLOv5s+SDG model has the advantages of fast convergence speed, high training efficiency and relatively high accuracy for the tomato disease data set in this study, and the detection precision can be as high as 97.5%. The visual detection results on the validation set are shown in Figure. 4.

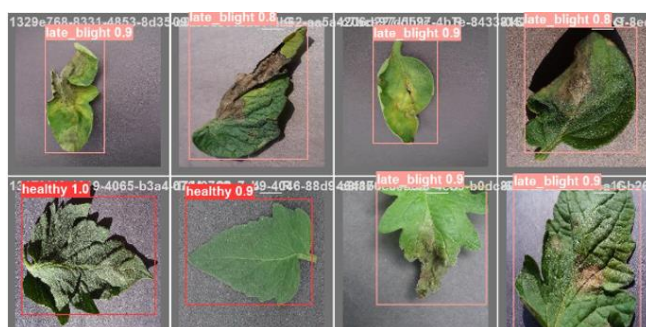


Figure. 4 Detection results of partial disease pictures in the validation set

## 5. Conclusion

In this study, a detection model based on YOLOv5 is implemented for the task of tomato disease recognition, and the detection accuracy can reach 97.5%. The SDG and Adam optimizers were used to train the model. The training comparison results show that the YOLOv5s+SDG model has faster convergence speed, higher training efficiency and higher training precision on the tomato disease dataset than the YOLOv5s+Adam model.

## Reference

1. H. Hong, J. Lin, and F. Huang, Tomato Disease Detection and Classification by Deep Learning, 2020 International Conference on Big Data, Artificial Intelligence and Internet of Things Engineering (ICBAIE). IEEE, Jun. 2020. doi: 10.1109/icbaie49996.2020.00012.

2. A. Abbas, S. Jain, M. Gour, and S. Vankudothu, Tomato plant disease detection using transfer learning with C-GAN synthetic images, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 187. Elsevier BV, p. 106279, Aug. 2021. doi: 10.1016/j.compag.2021.106279.
3. A. Khan, A. Sohail, U. Zahoor, and A. S. Qureshi, A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks, *Artificial Intelligence Review*, vol. 53, no. 8. Springer Science and Business Media LLC, pp. 5455–5516, Apr. 21, 2020. doi: 10.1007/s10462-020-09825-6.
4. U. Nepal and H. Eslamiat, Comparing YOLOv3, YOLOv4 and YOLOv5 for Autonomous Landing Spot Detection in Faulty UAVs, *Sensors*, vol. 22, no. 2. MDPI AG, p. 464, Jan. 08, 2022. doi: 10.3390/s22020464.

## **HUJUMLARNI ANIQLASH TIZIMLARIDA MASHINALI O‘QITISH ALGORITMLARINI QO‘LLASH USULLARINING TAHLILI**

D.Sh.Usmanbayev<sup>1,a)</sup>

<sup>1</sup>*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti*

Author Emails

Corresponding author: <sup>a)</sup>doniyorbekush@gmail.com

Yillar o'tishi bilan Internet rivojlanib borishi bilan Internet orqali amalga oshiriladigan hujumlar soni ko'paydi. Hujumlarni aniqlash tizimi (IDS) axborot xavfsizligi uchun qo'llaniladigan yuqori qatlamlardan biridir. IDS biznes uchun xavfsiz muhitni yaratadi va shubhali tarmoq harakatlaridan saqlaydi. Hozirgi davrda xavfsizlik tahdidlarini aniqlash va tasniflash uchun IDS-da Machine Learning (ML) algoritmlari qo'llanilmoqda. Ushbu maqolada bir nechta dasturlar uchun IDS-da ishlatiladigan turli xil ML algoritmlarini qiyosiy tahlili keltirib o'tilgan.

### ***Vektorli mashinani qo'llab-quvvatlash (SVM)***

SVM - bu ko'pincha qo'llaniladigan ML algoritmlaridan biri. SVM ham tasniflash, ham regressiya uchun ishlatilishi mumkin. Algoritmni yorliqli ma'lumotlar bilan o'rgatish mumkin va u barcha hujum sinflari orasida chegarani maksimal darajaga ko'taradigan giper tekislik orqali ma'lumotlarni sinflarga ajratishni chiqarishi mumkin. SVM ikkilik klassifikator sifatida, shuningdek kaskad usulidan foydalangan holda ko'p sinfli tasniflashni amalga oshirishi mumkin. SVM asosan ishlatiladigan yadro turlariga va parametrlariga bog'liq.

### ***Logistik regressiya (LR)***

LR - bu sinflarning diskret to'plamini kuzatish uchun ishlatiladigan boshqariladigan ML tasniflash algoritmi. Logistik funktsiya sigmasimon funktsiya deb ataladigan xarajatlar funktsiyasidan foydalanadi. Ushbu funktsiya bashoratlarni ehtimolliklar bilan taqqoslaydi. Ma'lumotni logistik funktsiyaga moslashtirish orqali hodisa ro'y berish ehtimolini taxmin qilish mumkinligini ta'kidlaydi. Sigmasimon funktsiyaning formulasi:

$$F(x) = \frac{1}{1+e^{-(x)}}, \quad (1)$$

Bu erda  $F(x)$  0 va 1 orasidagi chiqish,  $x$  funktsiya uchun kirish,  $e$  esa tabiiy jurnalning asosidir.

### ***Lineer diskriminantlar tahlili (LDA)***

LDA - bu o'lchovni kamaytirish va bashorat qilish uchun ishlatiladigan oddiy chiziqli boshqariladigan ML algoritmi. Bayes teoremasiga asoslanib, LDA yangi yozuvlarning qaysi sinfga tegishli bo'lish ehtimolini taxmin qiladi [8].

$$P(Y = x | X = x) = \frac{P(k * f(x))}{\sum(P(l * f(x)))}, \quad (2)$$

Bu erda  $k(x)$  - chiqish klassi,  $x$  - kirish klassi,  $f(x)$  - taxmin qilingan ehtimollik va  $PP \square kk$  - oldingi ehtimollik. ikkilik, shuningdek ko'p sinfli sinf.

### ***Tasodifiy o'rmon (RF)***

RF - bu tasniflash va regressiya uchun ishlatiladigan murakkab chiziqli bo'lmagan boshqariladigan algoritmi. Bu modelni o'qitishda ko'plab qaror daraxtlarini barpo etadi va natijada barcha daraxtlarning bashorat qilish natijalari birlashtirilib, natijada Ansambl texnikasi sifatida qayd etiladi.

RF chastotalari quyidagicha ishlaydi: modeldagi daraxtlar soni qancha ko'p bo'lsa, aniqlik yuqori bo'ladi va modelga haddan tashqari mos kelmaydi.

### ***K-means***

K-vositalari nazoratsiz ML algoritmlaridan biridir. Ushbu algoritmi ma'lumotlar tarkibidagi guruhlarini topishga asoslangan holda ishlaydi va guruhlar sonini o'zgaruvchi ko'rsatishi mumkin. K-vositalar algoritmi namunalarni moslashtirish uchun vaqt qatorlari ma'lumotlarida yuqori darajada qo'llaniladi.

Ushbu xususiyatlar keyinchalik Naive Bayes klassifikatori yordamida tasniflanadi. K-Means algoritmining kamchiliklari shundaki, u ma'lumotlarning sharsimon shakli uchun qo'llanilmaydi.

***Printsiplarni tahlil qilish (PCA)*** PCA bu o'lchovni kamaytirish uchun ishlatiladigan usuldir. PCA printsiplial komponentlar deb nomlangan yangi o'zgaruvchilar to'plamini taqdim etadi va har qanday boshqariladigan ML algoritimga kirish sifatida ishlatilishi mumkin. Aburomman va boshq. [1] taklif qilingan ansambl PCA-LDA usuli. PCA faqat chiziqli xususiyat ma'lumotlarini olib tashlashga qodir va LDA chiziqli bo'lmagan xususiyat ma'lumotlarini o'chirib tashlaydi.

### ***Yarim boshqariladigan ML algoritmi***

Yarim boshqariladigan ML algoritmi nazoratsiz o'rganish va nazorat ostida o'rganish o'rtasida yotadi. Ushbu o'quv texnikasi mashg'ulotlar uchun noma'lum ma'lumotlardan, shuningdek katta miqdordagi noma'lum ma'lumotlar uchun oz miqdordagi etiketlangan ma'lumotlardan foydalanadi. Jarrah va boshq. [2] tarmoqning kirib kelishini aniqlash uchun taklif qilingan yarim nazorat ostida ko'p qavatli klasterlash modeli. Ushbu algoritmi tasodifiy K-Means klasterlash algoritmining bir necha qatlamlarini taqdim etadi, bu tasniflagichning xilma-xilligini yaxshilaydi va kirishni aniq aniqlashga olib keladi.

### ***Ishlashni baholash ko'rsatkichlari***

ML algoritmlarining samaradorligini aniqlik, aniqlik, eslash va FScore va boshqalar kabi ko'rsatkichlar yordamida o'lchash mumkin. Ba'zi ko'rsatkichlar quyida muhokama qilinadi:

#### ***Asosiy atamalar va formulalar***

Haqiqiy ijobiy (TP): Dastlabki ma'lumotlar nuqtalari ham, bashorat qilingan ma'lumotlar nuqtalari ham to'g'ri.

Haqiqiy salbiy (TN): asl ma'lumot punktlari ham, bashorat qilingan ma'lumotlar nuqtalari ham yolg'ondir.

Soxta ijobiy (FP): asl ma'lumotlar punktlari noto'g'ri, ammo taxmin qilingan ma'lumotlar nuqtalari to'g'ri.

Soxta Salbiy (FN): Original ma'lumotlar nuqtalari to'g'ri, ammo taxmin qilingan ma'lumotlar noto'g'ri.

$$Accuracy = \frac{TN+TP}{TP+TN+FP+FN}, \quad (3)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}, \quad (4)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}, \quad (5)$$



F-o'lchovi shuningdek, F-Score deb nomlanadi, bu eslab qolish va aniqlikning o'rtacha qiymatini aniqlaydi. Quyidagi formula bilan o'lchanadi:

$$F - Score = \frac{2(R*P)}{R+P}, \quad (6)$$

Bu erda, R - eslash, P - aniqlik, ROC egri - bu har xil chegaralar darajasida klassifikatorning ishlashini ko'rsatadigan qabul qiluvchining ishlash xarakteristikasi egri chizig'i. Ushbu ROC grafigi TP va FP kabi ikkita parametрни tuzadi. AUC-ROC ROC egri chizig'i ostidagi ikki o'lchov maydonini o'lchaydi. Othman va boshq. [15] AUROCni topish uchun quyidagi formuladan foydalangan:

$$AUROC = \int_0^1 \left(\frac{TP}{P}\right) d\left(\frac{FP}{N}\right), \quad (7)$$

Qayta tiklashning egri chizig'i ostidagi maydon turli xil chegaralarda eslash va aniqlik o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni tushuntiradi.

$$AUPR = \int_0^1 \left(\frac{TP}{TP+FP}\right) d\left(\frac{TP}{P}\right), \quad (8)$$

Hujumlarni aniqlashning aql-zakovati va samaradorligi yuqoridagi ko'rsatkichlar bilan o'lchanadi, shuningdek, kirishni aniqlash uchun tadqiqotchilarning aksariyati aniqlash darajasi va noto'g'ri ijobiy tezlik deb nomlangan o'lchovlardan foydalangan. Yaxshi IDS aniqlash darajasi juda yuqori va soxta ijobiy darajasi past bo'lishi kerak [1]. U quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$Detection\ rate = \frac{TP}{TP+FN}, \quad (9)$$

$$False\ Positive\ rate = \frac{FP}{FP+TP}, \quad (10)$$

## Adabiyotlar

1. Shukhratovich U. D. SPECIFIC FEATURES OF THE STRUCTURE AND OPERATION OF NETWORK ATTACK DETECTION SYSTEMS //Open Access Repository. – 2022. – T. 8. – №. 04. – C. 224-228..
2. Usmanbayev D. Improving and Evaluating Methods Network Attack Anomaly Detection //2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – IEEE, 2021. – C. 1-5.
3. Doniyorbek U., Suhrobjon B. Analysis of Algorithm of Binary Classifiers to Improve Attack Detection Systems //World Conference Intelligent System for Industrial Automation. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2022. – C. 81-87.

## **BOLALARDA BRONXOOSTRUKTIV SINDROMINI OLIB BORISH VA DAVOLASHNI SUN'IY INTELLEKTDAN FOYDALANISH**

Safarov Oybek, Seytov Aybek

*Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti*

Bronx obstruktiv sindromi – bu yosh bolalarda ko'p uchraydigan bir kasallikdir. Bu, bronx shoxlarining qisqa vaqt ichida bir necha marta kechkin qolgan bir yoki bir nechta katta bronxlarni bloklaydi. Bu blokada, havo sadoqatlari o'zgaradi, shuningdek o'zgaradi va bronxlar to'g'ri o'rganlarga yetkazilmaydi.

Bu holat oxir-oxirgi yillarda ko'p o'tkazilgan tadqiqotlar va ilmiy tadqiqotlar orqali tushirilmoqda. Yana qanday davolash usullari kerakligini tushunish uchun keng ko'lamli ilmiy tadqiqotlar kerak. Bunday holatlarda, kattalar ota-onalarga qo'llab-quvvatlanish va sabrli davolanish juda muhimdir.

Bronxoobstruktiv sindrom bir qancha sabablarga asoslangan shuningdek genetik va mukammal olmaydigan embriyonal jismlarning tuzilishi va qoidalariga muammoni o'z ichiga

oladi. Bu holatni davolashning yagona usuli mavjud emas, ammo sun'iy intellekt (SI)dan foydalanish bu muammoga yangi yondashuvlar izlashga yordam berishi mumkin.

SI tahlil qilish, sanoatni avtomatlashtirish, va shaxsiy tibbiyot sohasidagi yangi texnologiyalarning o'rnatilishi orqali, Bronxoobstruktiv sindromni erkaklarda aniqlash va davolash muammoni hal qilishda muhim rol o'ynaydi. SI, bronxoobstruktiv sindromning ma'lum belgilarini tanib olish va bu holatni oldini olish uchun mosliklarni tavsiya qilishi mumkin. Yana, SI tibbiyot sohasida yangi dasturlar yaratishda va ilmiy tadqiqotlar olib borishda ham qo'llanilishi mumkin. Bunday usullar, bronxoobstruktiv sindromga ega bolalar uchun afzalliklarga ega bo'lishi mumkin.

Bronx obstruktiv sindromi o'ziga xosroq masaladir va uning davolash usullari shifokorlar, terapevtlar, va kasallikni tahlil qilish uchun mutaxassislar tomonidan amalga oshiriladi. Bu sindromning holatiga qarab, biror xususiy usullar muayyan bo'lishi mumkin.

Bolalar uchun yangi yondashuvni ishlab chiqish jarayoni uchun ko'plab yo'l bor, ammo bir nechta umumiy qarorlar mavjud:

**Davolash rejasi:** Shifokorlar va terapevtlar obstruktiv bronxitni davolash uchun moslashtirilgan rejani tavsiya qilishlari mumkin. Bu rejalar o'sishni va simptomlarni kamaytirishni maqsad qiladi.

**Dori vositalarining ishlatilishi:** Bronx obstruktiv sindromida dori vositalari, masalan, bronx dilatorlar, inhalatorlar, yoki kortikosteroidlar, simptomlarni bajarish uchun tavsiya etiladi. Ular havo yo'llarining ochishini yengillash va qaniqarliyini o'z ichiga oladi.

**Tibbiy monitorlash:** Bolalar davolash paytida terapevtlar tomonidan monitor qilinadi, shuningdek, ularga takroriy tekshirishlar o'tkaziladi, shu jumladan pulmonolog tomonidan.

**Mashq va terapiya:** Bolalar havo yo'llarini ochish va havo oqimlarini yaxshilash uchun mashqlar va terapiya oladi. Bu, og'riqni yengillatish, qorin tutish va og'riqlar ustida ishlashga yordam berishi mumkin.

Tuberkulez, allergiya yoki boshqa asosiy sabablarni davolash: Agar obstruktiv bronxitning sababi tuberkulez, allergiya yoki boshqa davolash talablari bo'lsa, ular ustida ham ishlov berilishi mumkin.

**Nazorat va istiqomat:** Bronx obstruktiv sindromining davolashida mavjud xolatni nazorat qilish juda muhimdir. Shifokorlar va terapevtlar davolash natijalarini kuzatib borish uchun boshqarish rejimlarini belgilaydilar.

Munosabat va yoshlar uchun qo'llab-quvvatlash: Bolalar va ularning oilalari uchun bu jarayon ko'p holatda muhim va o'zaro munosabatlarni qo'llab-quvvatlash ham muhimdir. O'quvchilar uchun ishni bajarish va ta'limni boshlashda qo'llanish va o'zaro qo'llab-quvvatlash, masalan, jismoniy aktivliklarga qatnashish va yaxshi ovqatlanish, juda muhimdir. Bronx obstruktiv sindromini davolash jarayoni odatda ko'plab usullar va individual holda amalga oshiriladi. Shifokorlar, terapevtlar va kasallikni tahlil qilish uchun mutaxassislar bu jarayonni boshqarishda yordam berish uchun ko'p imkoniyatlarga ega.

### Foydalanilgan Adabiyotlar

1. Esteva A, Robicquet A, Ramsundar B. va boshqalar. Sog'liqni saqlash sohasida chuqur o'rganish uchun qo'llanma.
2. Rajkomar A, Dekan J, Kohane I. Tibbiyotda mashinani o'rganish. N Engl J Med. 2019
3. Xo D, Schierding W, Wake M, Saffery R, O', Sullivan J. Nozik tibbiyot uchun mashinani o'rganish SNP asosidagi bashorat.
4. Feng Y, Teh HS, Cai Y. Ko'krak radiologiyasi uchun chuqur o'rganish: ko'rib chiqish.
5. Shen Y, Huang S, Kang J. va boshqalar. Surunkali nafas yo'llarining yallig'lanish kasalliklarida havo yo'li shilliq qavatining gipersekretsiyasini boshqarish: Xitoy ekspertlari konsensusi (ingliz nashri)
6. Exarchos KP, Beltsiou M, Votti CA, Kostikas K. Astmada sun'iy intellekt texnikasi: mavjud adabiyotlarni tizimli ko'rib chiqish va tanqidiy baholash.

7. Mekov E, Miravitlles M, Petkov R. Nafas olish tibbiyotida sun'iy intellekt va mashinani o'rganish. *Mutaxassis Rev Respir Med*.
8. Sharafoddini A, Dubin JA, Li J. Sog'liqni saqlash ma'lumotlariga asoslangan prognoz modellarida bemorning o'xshashligi: qamrovni ko'rib chiqish.

## **FROM SCARCITY TO SUSTAINABILITY: A CRITICAL EXAMINATION OF AI-POWERED WATER MANAGEMENT IN URBAN ENVIRONMENTS**

Abdurakhmon Abdumannopov, Seytov Aybek  
*National University of Uzbekistan*  
ibnabdumannop@gmail.com

Urbanization intensifies the global water crisis, demanding innovative solutions for sustainable water management. This paper critically examines the potential of Artificial Intelligence (AI) to optimize water delivery, minimize waste, and promote environmental sustainability in cities. We explore recent research findings on AI applications in water demand forecasting, leak detection, smart irrigation, and energy reduction. The paper also identifies key challenges and outlines a collaborative approach for successful AI implementation in urban water infrastructure.

Freshwater scarcity poses a significant threat to urban centers worldwide. Rapid population growth coupled with aging infrastructure and inefficient water management practices exacerbate the crisis. Traditional water management systems often struggle to meet demand, leading to water shortages, increased pressure on resources, and environmental degradation [1]. AI has emerged as a promising solution for transforming urban water management into a data-driven, intelligent system. By integrating machine learning algorithms with sensor networks, AI can offer real-time insights, optimize resource allocation, and promote sustainable water use.

### **AI Applications in Urban Water Management:**

This section delves into specific AI applications for urban water management, drawing on recent research and statistics:

- **Predictive Demand Forecasting:**

Accurate water demand forecasting is crucial for efficient resource allocation. A 2023 study published in the *Journal of Hydrology* by Xu et al. [1] demonstrated that AI-powered demand forecasting models incorporating weather forecast uncertainties can reduce urban water consumption by up to 15%. This research highlights the potential of AI to proactively adjust water pressure and pumping schedules based on real-time and predictive data, ensuring water availability where and when it's needed.

- **Leak Detection Revolution:**

Leaks in aging urban water infrastructure are a major source of water loss. A 2022 study in *Environmental Modelling & Software* by Wang et al. [2] found that AI-based leak detection systems using Long Short-Term Memory (LSTM) networks can reduce urban water loss by an average of 20%. These AI systems analyze pressure sensor and smart meter data in real-time, enabling rapid identification and repair of leaks, minimizing water loss and infrastructure damage.

- **Smart Irrigation for Green Cities:**

Urban green spaces contribute significantly to city life, but traditional irrigation systems often waste water. Research by the Singapore University of Technology and Design (SUTD) in 2022 explored the use of AI-powered irrigation systems with soil moisture sensors. Their findings suggest that these systems can optimize watering schedules based on real-time needs, leading to water savings of up to 30% while maintaining healthy plant life in urban environments.

### **Beyond Efficiency: AI for Environmental Sustainability**

AI's benefits extend beyond immediate water savings, fostering environmental sustainability in urban areas:

- **Reduced Energy Consumption:** The American Water Works Association (AWWA) published a white paper in 2023 [3] exploring AI's role in water utilities. Their research suggests that AI-controlled pump stations can achieve energy savings of up to 35% compared to conventional methods. AI optimizes pumping schedules, minimizing energy usage for water treatment and distribution, leading to a significant reduction in a city's carbon footprint.
- **Early Drought Detection:** AI algorithms can analyze satellite imagery and weather data to identify early signs of drought. A 2021 study by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) [4] investigated the use of AI for drought monitoring. Their findings demonstrate the potential for AI to predict droughts with higher accuracy than traditional methods, allowing cities to implement water conservation measures before a crisis unfolds.

#### **Challenges and Considerations for AI Implementation:**

While AI offers significant benefits, implementing AI solutions in urban water management presents several challenges:

- **Data Infrastructure Development:** A robust network of sensors and data collection systems is crucial for providing real-time information to AI algorithms. Significant investments are required to establish and maintain this infrastructure.
- **Cybersecurity Concerns:** Cybersecurity measures are essential to protect sensitive data collected by sensors and used by AI systems.
- **Integration with Existing Systems:** Seamless integration of AI technology with existing water infrastructure is necessary to minimize disruption and ensure smooth operation.
- **Stakeholder Capacity Building:** Training personnel on operating and maintaining AI-powered water management systems is vital for successful implementation [3].

#### **The Future of AI in Urban Water Management: Looking Beyond**

The potential of AI for urban water management extends beyond the applications currently explored. Here are some promising areas for future research and development:

- **Personalized Water Management:** AI could personalize water use recommendations for households and businesses based on historical data and real-time consumption patterns. This could empower residents to make data-driven decisions and further reduce water waste. Imagine a system that analyzes your water usage habits and suggests ways to conserve water, such as shorter showers or fixing leaky faucets.
- **Decentralized Water Treatment:** AI-powered systems could manage decentralized water treatment facilities, optimizing resource allocation and treatment processes for smaller, community-based water systems. This could be particularly beneficial in peri-urban areas or communities struggling with traditional water infrastructure[4].
- **Predictive Maintenance:** AI algorithms can analyze sensor data from pumps, pipes, and other infrastructure to predict potential failures and schedule preventative maintenance. This proactive approach minimizes service disruptions and extends the lifespan of critical water infrastructure. By predicting when a pipe might burst, for example, cities can fix it before it causes major problems.
- **Climate Change Adaptation:** AI can be integrated with weather forecasting models to predict future water availability and demand fluctuations due to climate change. This information allows cities to develop proactive water management strategies to adapt to a changing climate. AI can help cities plan for droughts and floods, ensuring a more secure water supply for the future.

#### **Conclusion:**

AI presents a transformative opportunity for urban water management. By harnessing the power of data and intelligent algorithms, cities can move towards a future of sustainable

water use, environmental protection, and improved quality of life for all residents. As research and development in this field continue to evolve, AI will play an increasingly critical role in ensuring a secure and sustainable water future for our cities.

## References

1. Xu, Y., et al. (2023). Urban water demand forecasting with enhanced machine learning models considering weather forecast uncertainties. *Journal of Hydrology*, 622, 126582.
2. Wang, S., et al. (2022). Leak detection in water distribution systems using long short-term memory networks. *Environmental Modelling & Software*, 152, 105322.
3. American Water Works Association (AWWA) (2023). *Artificial intelligence for water utilities: A white paper*.

**UDK: 004.89**

## TECHNOLOGIES AND ALGORITHMS FOR USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN EDUCATION

I.B.Aminov<sup>1,a)</sup>, A.I.Inatov<sup>2,b)</sup>

<sup>1</sup>*Samarkand State University named after Sh. Rashidov*

<sup>2</sup>*Uzbek-Finnish Pedagogical Institute*

Author emails

<sup>a)</sup> istam.aminov@mail.ru, <sup>b)</sup> inatov84abr@gmail.com

The development of artificial intelligence (AI) and its implementation in the field of education is becoming widespread. Experts agree that AI will lead to significant transformations in industries related to intellectual activity, which include education.

The education sector, unlike business, has its own specifics for the integration of AI technologies. The main goal of introducing AI into educational processes is not to obtain an economic effect, but to improve the quality of education, which is difficult to measure using a system of objective indicators.

At the same time, the use of artificial intelligence is not only equipping classes and auditoriums with appropriate equipment, but also a change in the educational paradigm. As AI solutions are introduced, traditional classes will be replaced by multi-format project-based learning.

The role of the teacher will also change. His importance as a mentor will increase, motivating students to work independently, teaching them how to work with information, and finding new solutions. This is due to the fact that artificial intelligence in education is based on the use of a variety of applications, including intelligent mentors, functions of personal and prompt feedback, and monitoring progress in learning.

Artificial intelligence (AI) is used in education for:

**Personalization of learning:** AI can help teachers create personalized learning plans for each student based on their individual needs and abilities.

**Automate routine tasks:** AI can help teachers free up valuable time by automating routine tasks such as grading tests, grading papers, and preparing teaching materials.

**Data analysis:** AI can analyze learning data, helping teachers identify areas where students need additional support and suggesting strategies to improve learning. This will make it possible to predict educational results.

**Development of new teaching methods:** AI can help teachers develop and test new teaching methods based on the analysis of large amounts of data. Where human attention may fail, AI will work strictly according to the algorithm, without missing anything.

**Improving access to education:** AI can help teachers create innovative resources that make education accessible to all students.

The power of AI can also be used to provide tailored support and increase awareness of knowledge gaps, allowing educators to leverage personalized and adaptive learning

technologies. AI enables algorithm-based decision making that evaluates complex skills and knowledge in real time.

In addition, educational systems based on artificial intelligence are able to analyze the dynamics of classroom activities and student engagement, which makes it possible to quickly identify underperforming students and eliminate gaps in knowledge.

The following technologies, which until recently seemed like a distant future, are already being used in the educational sphere.

**Implementation of adaptive learning.** Adaptive learning presupposes a form of organizing the educational process in which the skills, interests and other individual characteristics of students are taken into account as much as possible. The construction of adaptive educational models is carried out using technologies based on AI and machine learning, which make it possible to analyze the results of mastering an educational program by a student or schoolchild and adjust it for each student.

**AI-powered gamification.** Using artificial intelligence algorithms, personalized games can be created that help speed up the learning process. This makes learning more fun and promotes better learning. First of all, gamification in education is used to increase student motivation. It also helps to achieve higher concentration, interest in the material being studied and retention of attention throughout the lesson.

**Introduction of intelligent robotics into education.** Robots in the learning process can be used to solve a variety of problems - from programming to designing and conducting experiments. This helps students develop problem-solving, creativity and teamwork skills. Students get the opportunity to apply their acquired knowledge and skills in practice, as well as develop creative and engineering thought.

**Generative artificial intelligence.** Over the past year, the popularity of this AI technology has grown rapidly. In education, generative AI is also used to improve the educational process. For example, a chatbot is able to answer students' questions, and neural networks help analyze the results of classes, select topics and materials for new ones, and tell speakers which programs require adjustments. AI also helps in the administrative work of teachers.

Currently, three modern artificial intelligence algorithms are actually used in teaching:

➤ Ensembles of algorithms based on logic of varying degrees of complexity. It is this AI that is responsible for constructing individual learning paths or analyzing the effectiveness of a lesson plan.

➤ Pre-trained neural networks, which are created to solve one specific problem and trained on a large amount of data. Such neural networks may, for example, be responsible for automatically understanding language or recognizing emotions on students' faces.

➤ Neural networks that belong to the field of shadow deep learning. In this case, the pretrained neural network is additionally trained on a smaller amount of data and adapted to solve a narrower problem. For example, when a language neural network is specialized in checking open tasks for a particular course.

The results of the study show that today the education sector is at an early stage of introducing AI technologies. On the one hand, in terms of investment opportunities in AI technologies and attracting specialized specialists, it is inferior to the leading segments of the economy: banks, trade, telecommunications. On the other hand, educational institutions have a special need for the use of AI, since this field of activity is directly related to information and its processing.

You need to use AI where you can see and understand how it made this or that decision and why it did so. Indeed, in educational projects, especially those aimed at children and adolescents, errors or incorrect interpretation of data can lead to serious consequences for a person's fate.

Artificial intelligence allows not only to conduct an in-depth analysis of the interaction between the student and the system, but also provides an accurate assessment of the current

state and contributes to the construction of an individual learning trajectory depending on the person's demonstrated abilities.

The capabilities of artificial intelligence in the field of analysis and forecasting are used for:

- ✓ analyzing the interaction between a teacher and a student;
- ✓ forming an individual educational trajectory for a student;
- ✓ assessing the current progress of students;
- ✓ monitoring the educational activities of both students and teachers.

Thus, the use of artificial intelligence solves one of the problems of education - universality, allowing you to change approaches to learning, offering different learning options depending on the individual characteristics of each student. Features of AI in education are the use of key models: pedagogical, educational (various educational platforms, systems, training simulators, etc.), student model.

## References

1. Strunin, D. A. Artificial intelligence in the field of education // Young scientist. - 2023. - No. 6 (453). — P. 15-16.
2. Yasnitsky L.N. Artificial intelligence. Elective course: study guide. – M.: Binom. Laboratory of Knowledge, 2012. – 197 p.: ill.

## SUN'IY INTELEKT: RIVOJLANISH VA INSON HAYOTINING TURLI SOHALARIDA AMALGA OSHIRISH ISTIQBOLLARI

O'rinov N.T.<sup>1,a)</sup>, Chilonboyeva M.A.<sup>1,b)</sup>

<sup>1</sup>Zahiriddin Muhammad Bobur nomidagi Andijon davlat universiteti

Author Emails

<sup>a)</sup> nodirbekurinov1@gmail.com

<sup>b)</sup> stubborndevelopergirl@gmail.com

So'nggi o'n yilliklarda sun'iy intellekt (AI) tibbiyotdan tortib transportgacha bo'lgan sohalarida ajoyib yutuqlarni namoyish etdi. Ushbu sohada texnologiyalarning rivojlanishi jamiyat qiyofasini o'zgartirishga va inson hayotining turli sohalariga innovatsiyalarni olib kelishga va'da beradi. Sun'iy intellekt-bu bizning kundalik tajribamizni o'zgartirish va hayot sifatini yaxshilashga qodir texnologik inqilob.

Vaqt o'tishi bilan sun'iy intellekt ilmiy fantastikadan zamonaviy texnologik davrning ajralmas qismiga aylandi. Sun'iy intellekt tadqiqot sohasi sifatida XX asr o'rtalarida, asosan 1950-yillarda paydo bo'lgan. Bu atama 1956 yilda Dartmut kolleji konferentsiyasida kiritilgan bo'lib, unda jon Makkarti, Marvin Minski, Enderson Nyuell va Gerbert Saymon kabi bir qator taniqli olimlar inson aql-idrokiga taqlid qila oladigan mashinalarni yaratish imkoniyatlarini muntazam ravishda o'rganishni boshladilar. Biroq, sun'iy intellekt g'oyasining o'zi ushbu konferentsiyadan ancha oldin olimlarning asarlarida kuzatilgan uzoq tarixga ega.

Texnologiyalarni rivojlantirish va ulardan foydalanish haqidagi zamonaviy g'oyalar standartlashtirish jarayonlarini innovatsion faoliyat bilan bog'laydi [2], shuning uchun yangi standartlar paydo bo'ladi. O'zbekiston yondashuvining o'ziga xos xususiyati faoliyatning muayyan sohalarida, birinchi navbatda sog'liqni saqlash, ta'lim, qishloq xo'jaligi va transportda sun'iy intellektning amaliy tizimlarini standartlashtirishga alohida e'tibor berish edi. Shu bilan birga, faoliyatning har bir sohasi uchun yagona printsip asosida qurilgan o'ziga xos standartlar guruhi shakllantiriladi: ushbu sohada sun'iy intellektidan foydalanish ontologiyasi; ushbu sohaga xos bo'lgan vazifalarni va sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanadigan funktsional quyi tizimlarni yaratish va ulardan foydalanishning umumiy masalalarini hal qiladigan namunaviy axborot va texnologik tizimlarning tavsiflari[1] sun'iy intellektni rivojlantirish motivlari har xil. Birinchidan, ko'p vaqt talab qiladigan vazifalarni avtomatlashtirish va ish faoliyatini yaxshilashga intilish, ayniqsa sanoat va biznesda asosiy omillarga aylandi.

Ikkinchidan, yangi texnologik imkoniyatlarni yaratish va ilmiy tadqiqotlar chegaralarini kengaytirish innovatsiyalarni boshqaradi. Ish joylarini yo'qotish va axloqiy muammolar kabi xavf-xatarlarga qaramay, ko'plab tadqiqotchilar va tadbirkorlar to'g'ri boshqaruv bilan texnologiya katta foyda keltirishi mumkinligiga ishonishadi.

AI muhim hissa qo'shishi mumkin bo'lgan hayotning quyidagi sohalarini keltirishimiz mumkin:

#### **1) Tibbiyot va biotexnologiya.**

Sun'iy intellekt allaqachon tibbiy tadqiqotlar va kasalliklar diagnostikasida faol foydalanilmoqda. Tibbiyot sohasida chuqur o'rganish, tasvirlarni tasniflash va ob'ektni aniqlashga asoslangan sun'iy intellekt usullari endi saratonni MRIda yuqori malakali rentgenologlar kabi aniqlikda aniqlash uchun ishlatilishi mumkin [3]. Mashinani o'rganish algoritmlari katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish, naqshlarni aniqlash va erda bosqichlarda potentsial kasalliklarni bashorat qilish imkoniyatiga ega. Bu diagnostika va davolash jarayonlarini takomillashtirish, xatolar xavfini kamaytirish va tibbiy aralashuvlar samaradorligini oshirish imkonini beradi.

#### **2) Ta'lim va shaxsga qaratilgan ta'lim.**

Sun'iy intellekt shaxsga qaratilgan o'quv dasturlari va moslashtirilgan usullarni taqdim etish orqali ta'lim jarayonlarini inqilob qilmoqda. AI algoritmlari talabaning o'rganish uslubini, kuchli va zaif tomonlarini tahlil qilishi, shaxsiylashtirilgan materiallar va topshiriqlarni taqdim etishi mumkin. Bu bilimlarni samarali o'zlashtirishga va har bir o'quvchining o'ziga xos qobiliyatini rivojlantirishga yordam beradi.

#### **3) Transport va logistika.**

Avtomatlashtirish va sun'iy intellektning transport sohasida joriy etilishi bilan xavfsizlik va samaradorlikning sezilarli yaxshilanishi kutilmoqda. Yo'l harakati boshqaruv tizimlari, avtonom avtotransport vositalari va marshrutni optimallashtirish algoritmlari yo'l-transport hodisalarini kamaytirish, transport oqimini yaxshilash va sayohat vaqtini tejash imkonini beradi.

#### **4) Ishlab chiqarish va robotlashtirish.**

Sun'iy intellekt sanoatda ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish va robotlashtirish uchun faol qo'llaniladi. Mashinani ko'rish tizimlari, sun'iy intellekt robotlari va ishlab chiqarishni optimallashtirish algoritmlari samaradorlikni oshirishi, xarajatlarni kamaytirishi va mahsulot sifatini yaxshilashi mumkin.

#### **5) Etika va xavfsizlik.**

Biroq, inkor etib bo'lmaydigan afzalliklari bilan bir qatorda, sun'iy intellektning rivojlanishi axloq va xavfsizlik masalalarini keltirib chiqaradi. Mumkin bo'lgan salbiy oqibatlariga yo'l qo'ymaslik uchun nazorat qilish, ma'lumotlarni himoya qilish va sun'iy intellektidan foydalanishda shaffoflikni ta'minlashning samarali mexanizmlarini ishlab chiqish muhimdir. Sun'iy intellektni rivojlantirish kontekstida etika va xavfsizlik ehtiyotkorlik bilan ko'rib chiqish va muvozanatli yondashuvni talab qiladigan muhim masalalardir. Sun'iy intellektning aniq afzalliklaridan tashqari, undan foydalanish etikasi va xavfsizligini ta'minlash bilan bog'liq bir qator savollar va muammolar mavjud. Sun'iy intellektning rivojlanishi nuqtai nazaridan, inson huquqlari, qarorlar qabul qilishda shaffoflik va adolat kabi axloqiy muammolar paydo bo'ladi. Algoritmlar, agar ular ijtimoiy-madaniy tarafkashliklarni o'z ichiga olgan ma'lumotlarga asoslangan bo'lsa, ular noxolis yoki adolatsiz bo'lishi mumkin. Shuning uchun AIdan adolatli va mas'uliyatli foydalanishni ta'minlash uchun axloqiy standartlarni ishlab chiqish va qo'llash muhimdir

#### **Sun'iy intellektning oddiy inson hayotiga integratsiyalashuvi**

Sun'iy intellekt hayotning barcha sohalariga qachon joriy etilishini aniq aytish qiyin, biroq biz tibbiyot, ta'lim, transport va moliya kabi sohalarda sun'iy intellektning keng qo'llanilishini allaqachon kuzatayapmiz. Kelgusi o'n yilliklarda biz uy jihozlari, sog'liqni saqlash texnologiyalari va kundalik hayotning boshqa jihatlariga integratsiyalashuvning



kuchayishini kutmoqdamiz. Shuni hisobga olish kerakki, bu jarayon texnologik taraqqiyotga, axloqiy qoidalarga va jamoatchilik tayyorligiga bog'liq bo'ladi.

Sun'iy intellekt bilan bog'liq xavflar orasida avtomatlashtirish tufayli potentsial ish yo'qotishlari, maxfiylik va ma'lumotlar xavfsizligiga tahdidlar va axloqiy asoslarga ega bo'lmagan avtonom tizimlarni ishlab chiqish imkoniyati kiradi. Masalan, avtonom qurol tizimlari xavfsizlik va nazorat haqida savollar tug'dirishi mumkin. Bunday xavflarni minimallashtirish uchun axloqiy me'yorlar va qonunchilik asoslarini faol ishlab chiqish va joriy etish muhim ahamiyatga ega.

Sun'iy intellekt global muammolarning yechimlariga sezilarli ta'sir ko'rsatish potentsialiga ega, AIni iqlim o'zgarishiga qarshi kurashda, resurslardan foydalanishni optimallashtirishda, qashshoqlikka qarshi kurashda va sog'liqni saqlash tizimlari samaradorligini oshirishda qo'llash yanada barqaror va samarali jamiyatga olib kelishi mumkin. Bu ma'lumotlarni to'plash va tahlil qilishning innovatsion usullarini ishlab chiqish, shuningdek, global muammolarni hal qiluvchi jarayonlarni optimallashtirish uchun intellektual tizimlarni yaratishni o'z ichiga oladi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Popov N. R., Eryomina D. V. Neyron tarmoqlar va ularning qo'llanilishi // 584-to'plamda: Fan va iqtisodiyotning dolzarb muammolari: yangi muammolar va echimlar. LIII Xalqaro talabalar ilmiy-amaliy konferensiyasidan materiallar to'plami. 2019, 475–479-betlar.
2. Xoxlov Yu.E. Sun'iy intellekt uchun ma'lumotlar bilan ishlash standartlari: sun'iy intellektni standartlashtirish landshafti // Axborot jamiyati, 2023. No 3. P. 78–96.
3. OECD/Eurostat (2018), Oslo qo'llanmasi 2018: Innovatsiyalar bo'yicha ma'lumotlarni to'plash, hisobot berish va ulardan foydalanish bo'yicha ko'rsatmalar, 4-nashr, Ilmiy, texnologik va innovatsion faoliyatni o'lchash, OECD nashriyoti, Parij/Eurostat, Lyuksemburg URL: <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Ю.Ш.Авазов, У.Б.Чориев, Р.Х.Рахмонов

*Ташкентский государственный технический университет имени Ислама  
Каримова*

На сегодняшний день, когда информационные технологии развиваются высокими темпами, совершенствование системы подготовки кадров, обладающих зрелыми знаниями и квалификацией в цифровых системах высшего образования, является одним из ключевых звеньев стратегии “*Raqamli O'zbekiston-2030*”. Одним из важных вопросов сегодняшнего дня является широкое внедрение цифровых технологий в образ жизни людей, предоставление студентам обучающимся в системе образования, всех преподаваемых занятий и предоставляемой информации на основе самых современных цифровых технологий.

Реализуемые меры по повышению эффективности системы профессиональной подготовки в сфере информационных технологий создают широкие условия для обеспечения государственных органов и различных производственных предприятий квалифицированными кадрами, обладающими отличными навыками в области информационных технологий.

Организация занятий с помощью интерактивных методов в высших учебных заведениях развивает сконцентрированность, укрепление памяти, одновременно с воспитанием также творчество, креативность, критическое мышление. Процесс занятий будет организована таким образом, что в нем обучающиеся учатся взаимодействовать и

действовать сообща. Они учатся критически мыслить и действовать в команде, совместно анализируя доступную информацию, решая различные проблемные ситуации совместно. Интерактивные методы, применяемые в высшем образовании, придется подбирать с учетом их возрастного характера и опыта.

Примером одного из таких интерактивных методов является метод синонимичных кодов. Основной целью данного метода является формирование у учащихся умений понимать, анализировать программу и упрощать данную программу путем замены структуры программы аналогичными структурами, умения определять однозначные структуры программы, из которых они возвращают оптимальное значение, а также выбирать наиболее простые. Этот метод также можно использовать для реализации рефлексии у студентов.

Элементы, используемые в этом методе, следующие: раздаточный материал, в котором для каждого студента написана программа. Раздаточный материал может быть в предпочитаемом виде.

Применение метода: Цель занятий, после краткого изложения темы и порядка выполнения работы, учащимся выдаются раздаточные материалы для выполнения работы, а также предоставляется возможность выполнить и проанализировать результаты в группе или индивидуально.

Порядок выполнения работы и получения результата.

Студентам выдается готовый раздаточный материал. В раздаточном материале написана программа, относящаяся к теме студенты должны изменить эти программы таким образом, чтобы получаемый результат был таким же, как результат в данной программе, то есть замена, сделанная студентом, не повлияла на результат программы.

Для примера рассмотрим функции, для которых приведенное ниже сокращение не выполнено.

$$3 * x^3 - 5 * x^2 - 7 * y + 2 * x^3 - x \Rightarrow 5 * x^3 - 5 * x^2 - 7 * y - x$$

Глядя на вышеупомянутые одинаково сильные функции, произвольные значения  $x$  и  $y$  в обеих этих функций равны, и их графики на плоскости пересекаются (Рисунки 1-2).

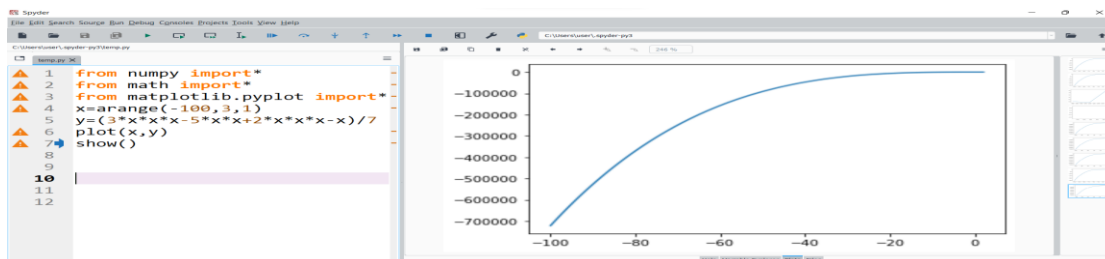


Рисунок-1. График для расширенного функции.

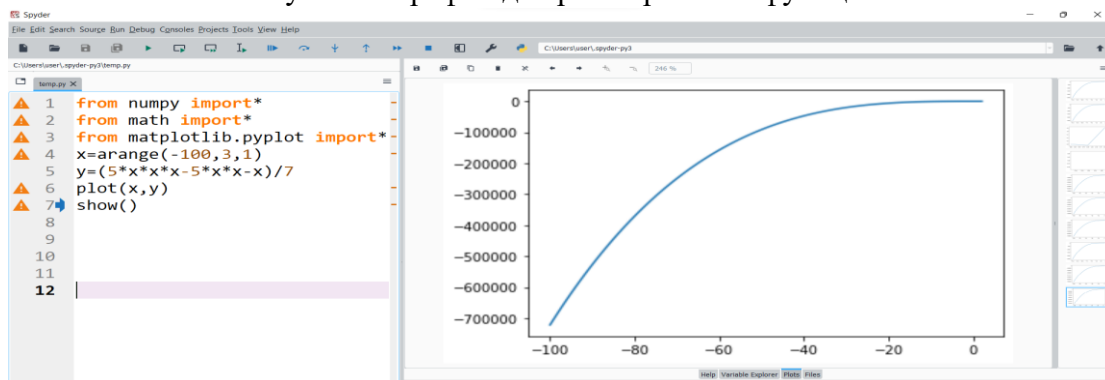


Рисунок-2. График для сокращённой функции.

Из приведенных выше результатов видно, что при введении одной функции в двух разных представлениях данного результата, а также в графике не произошло никаких изменений, и благодаря этому студент начинает находить для себя другие решения различных типов.

В отличие от приведенного выше примера, давайте рассмотрим замену, которая может быть выполнена в теле программы, а не в функции, и изменение, которое было выполнено, не повлияет на результат программы.

Лишние шаги при повторении.

Пример: Составьте следующую программу для вычисления функции.

$$y = -x + \frac{x^2}{1 * 2} - \frac{x^3}{1 * 2 * 3} + \dots + (-1)^n * \frac{x^n}{n!}$$

Данный пример может быть составлен на основе программы расчета двумя способами: первый-на основе внутрициклового цикла, а второй-на основе одноциклового, предоставляемого учащимся в виде раздаточного материала в готовом отработанном варианте одним способом. Первый способ-это составление программы через цикл, который, поскольку он визуально шире, эффективен, чтобы дать студентам этот метод в качестве примера, и он выглядит следующим образом:

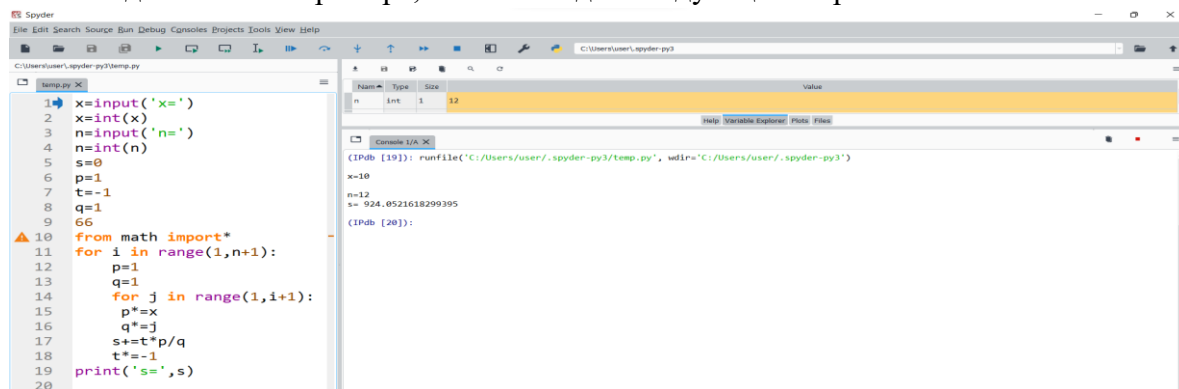


Рисунок-3. Расширенный Код программы для функции.

Второй способ, т. е. можно решить эту проблему, применив процесс выполнения через один цикл. При этом итерация выполняется путем ввода множителей в числителе и знаменателе в цикл.  $-1^n$  оптимальный способ вычисления ранга-это вычисление с помощью одной переменной, которое выполняется путем умножения  $-1$  на эту переменную в цикле (Рисунок-4).

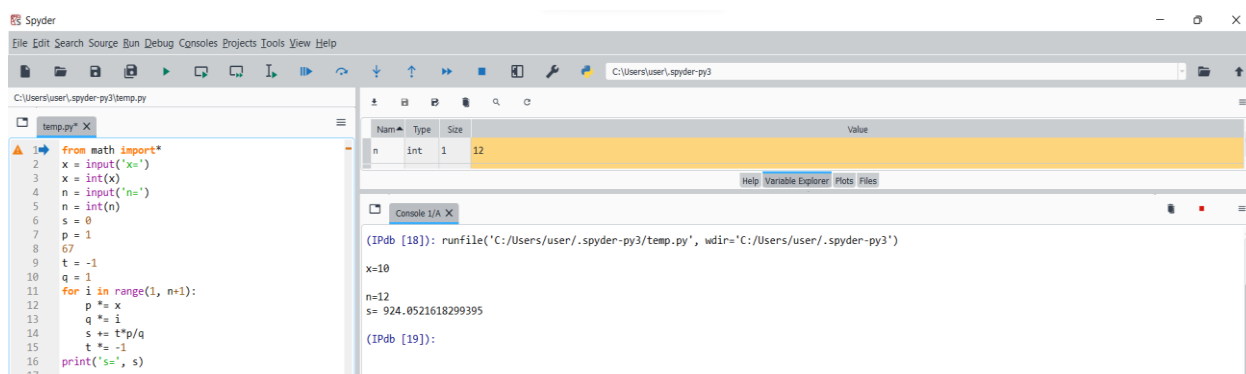


Рисунок-4. Сокращённый Код программы для функции.

Как видно из приведенных выше результатов, тело программы, созданное различными способами для выполнения данной функции, дало одно и то же значение. Это помогает учащимся овладеть навыками поиска нескольких решений, используя функции и команды программы по-разному при получении результата с помощью различных методов.

Этот метод требует от студентов творческих способностей и развивает память, навыки мышления и рассуждения. Позволяет самостоятельно оценивать полученные знания и применять на практике понятия, относящиеся к рассматриваемой теме. Формирует умение выражать идеи по применению различных операторов и находить связи между ними

### **Использованная литература**

1. Прохоренок Н.А. Python.Самое необходимое. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011, –416 с
2. R. Ismuammedov, M. Yuldashev Ta'lim va tarbiyada innovatsion pedagogik texnologiyalar. Ta'lim tizimi xodimlari, metodistlar, o'qituvchilar, tarbiyachi va murabbiylar uchun o'quv qo'llanma.
3. Мандель Б. Р. Андрагогика: история и современность, теория и практика. Учебное пособие для обучающихся в магистратуре. Москва Берлин 2017.
4. <https://www.python.org/>
5. <https://www.spyder-ide.org/>