

**ВАЗОРАТИ САНОАТ ВА ТЕХНОЛОГИЯҲОИ НАВИ ҶУМҲУРИИ
ТОҶИКИСТОН**

ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
ДОНИШГОҲИ ТЕХНОЛОГИИ ТОҶИКИСТОН

*Ба ифтихори 35-солагии
Истиқлоли давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон*



№ 4(67), 2026

ПАЁМИ
ДОНИШГОҲИ ТЕХНОЛОГИИ
ТОҶИКИСТОН

ВЕСТНИК
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ТАДЖИКИСТАНА

BULLETIN
OF THE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY OF
TAJIKISTAN

Душанбе – 2026

Сармухари:

доктори илмҳои иқтисодӣ,
и.в. профессор Раҳмонзода З.Ф.

Ҷонишини сармухари:

доктори илмҳои техникаӣ,
и.в. профессор Яминзода З.А.

Котиби масъул:

доктори илмҳои иқтисодӣ,
профессор Усмонова Т.Ҷ.

Главный редактор:

доктор экономических наук,
и.о. профессора Рахмонзода З.Ф.

Зам. главного редактора:

доктор технических наук,
и.о. профессора Яминзода З.А.

Ответственный секретарь:

доктор экономических наук,
профессор Усмонова Т.Дж.

Chief Editor:

Doctor of Economic Sciences,
acting Professor Rakhmonzoda Z.F.

Deputy Chief Editor:

Doctor of Technical Sciences,
acting Professor Yaminzoda Z.A.

Executive Secretary:

Doctor of Economic Sciences,
Professor Usmanova T.J.

Хайати таҳририя:

Ганиев И.Н. – д.и.х., профессор, академики АМИТ; **Холиков Ч.Х.** – д.и.х., профессор, академики АМИТ; **Рахмонов З.Х.** – д.и.ф.-м., профессор, академики АМИТ; **Мансури Д.С.** – д.и.т., профессор, узви вобастаи АМИТ; **Одиназода Х.О.** – д.и.т., профессор, узви вобастаи АМИТ; **Усмонова Т.Ҷ.** – д.и.и., профессор; **Рауфи А.А.** – д.и.и., профессор; **Чураев А.Ч.** – д.и.т., профессор; **Одинцова О.И.** – д.и.т., профессор; **Рудовский П.Н.** – д.и.т., профессор; **Гафаров А.А.** – д.и.т., профессор; **Ишматов А.Б.** – д.и.т., профессор; **Кубеев Е.И.** – д.и.т., профессор; **Байболова Л.К.** – д.и.т., профессор; **Сафаров М.М.** – д.и.т., профессор; **Иброгимов Х.И.** – д.и.т., профессор; **Комилиён Ф.С.** – д.и.ф.-м., профессор; **Муҳидинов З.Қ.** – д.и.х., профессор; **Огнев О.Г.** – д.и.т., профессор; **Мирзоев С.Х.** – д.и.т., и.в. профессор; **Икромӣ Х.И.** – д.и.т., дотсент; **Мирзораҳимов Қ.Қ.** – д.и.т., дотсент; **Икромӣ М.Б.** – к.х.н., и.о. профессора; **Тошматов М.Н.** – н.и.и., и.в. профессор; **Юсупов М.Ч.** – н.и.ф.-м., дотсент; **Сафаров Ф.М.** – н.и.т., дотсент; **Дарингов Қ.П.** – н.и.и., дотсент; **Ҳасанов А.Р.** – н.и.и., дотсент; **Сатторов А.А.** – н.и.и., дотсент; **Шаринова М.Б.** – н.и.х., дотсент; **Назарзода Р. С.** – н.и.п., и.в. дотсент; **Собирҷонов А.С.** – н.и.и., и.в. дотсент.

Мухаррири матни забони русӣ:

Мухаррири матни забони тоҷикӣ:

Ороиши компютерӣ ва тарроҳӣ:

Самадова З. С. – н.и.ф., дотсент

Шарипов Х. Х.

Назарзода Р. С. – н.и.п., и.в. дотсент

Редакционная коллегия:

Ганиев И.Н. – д.х.н., профессор, академик НАНТ; **Халиков Дж.Х.** – д.х.н., профессор, академик НАНТ; **Рахмонов З.Х.** – д.ф.-м.н., профессор, академик НАНТ; **Мансури Д.С.** – д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНТ; **Одиназода Х.О.** – д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНТ; **Усмонова Т.Дж.** – д.э.н., профессор; **Рауфи А.А.** – д.э.н., профессор; **Джураев А.Дж.** – д.т.н., профессор; **Одинцова О.И.** – д.т.н., профессор; **Рудовский П.Н.** – д.т.н., профессор; **Гафаров А.А.** – д.т.н., профессор; **Ишматов А.Б.** – д.т.н., профессор; **Кубеев Е.И.** – д.т.н., профессор; **Байболова Л.К.** – д.т.н., профессор; **Сафаров М.М.** – д.т.н., профессор; **Иброгимов Х.И.** – д.т.н., профессор; **Комилиён Ф.С.** – д.ф.-м.н., профессор; **Муҳидинов З.Қ.** – д.х.н., профессор; **Огнев О.Г.** – д.т.н., профессор; **Мирзоев С.Х.** – д.т.н., и.о. профессора; **Икромӣ Х.И.** – д.т.н., доцент; **Мирзораҳимов Қ.Қ.** – д.т.н., доцент; **Икромӣ М.Б.** – к.х.н., и.о. профессора; **Тошматов М.Н.** – к.э.н., и.о. профессора; **Юсупов М.Ч.** – к.ф.-м.н., доцент; **Сафаров Ф.М.** – к.т.н., доцент; **Дарингов Қ.П.** – к.э.н., доцент; **Ҳасанов А.Р.** – к.э.н., доцент; **Сатторов А.А.** – к.э.н., доцент; **Шаринова М.Б.** – к.х.н., доцент; **Назарзода Р.С.** – к.п.н., и.о. доцента; **Сабиржанов А.С.** – к.э.н., и.о. доцента.

Редактор русского текста:

Редактор таджикского текста:

Компьютерный дизайн и верстка:

Самадова З.С. – к.ф.н., доцент

Шарипов Х. Х.

Назарзода Р. С. – к.п.н., и.о. доцента

Editorial team:

Ganiev I.N. - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan; **Khalikov J.H.** – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan; **Rahmonov Z.Kh.** – Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan; **Mansuri D.S.** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Tajikistan; **Odinazoda H.O.** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Tajikistan; **Usmanova T.J.** – Doctor of Economic Sciences, Professor; **Raufi A.A.** – Doctor of Economic Sciences, Professor; **Juraev A.J.** – Doctor of Technical Sciences, Professor **Odintsova O.I.** – Doctor of Technical Sciences, Professor **Rudovskiy P.N.** – Doctor of Technical Sciences, Professor; **Gafarov A.A.** – Doctor of Technical Sciences, Professor; **Ishmatov A.B.** – Doctor of Technical Sciences, Professor; **Kubeev E.I.** – Doctor of Technical Sciences, Professor; **Baybolova L.K.** – Doctor of Technical Sciences, Professor; **Safarov M.M.** – Doctor of Technical Sciences, Professor; **Ibragimov Kh.I.** – Doctor of Technical Sciences, Professor; **Komiliyon F.S.** – Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor; **Muhidinov Z.K.** – Doctor of Chemical Sciences, Professor; **Ognev O.G.** – Doctor of Technical Sciences, Professor; **Mirzoev S.H.** – Doctor of Technical Sciences, Acting Professor; **Ikromi Kh.I.** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; **Mirzorahimov K.K.** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; **Ikromi M.B.** – Candidate of Chemical Sciences, Acting Professor; **Toshmatov M.N.** – Candidate of Economic Sciences, Acting Professor; **Yusupov M.Ch.** – Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor; **Safarov F.M.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; **Daringov K.P.** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; **Hasanov A.R.** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; **Sattorov A.A.** – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor; **Sharipova M.B.** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; **Nazarzoda R.S.** – Candidate of Pedagogical Sciences, Acting Associate Professor; **Sobirjonov A.S.** – Candidate of Economic Sciences, Acting Associate Professor.

The editor of the Russian text:

Editor of the Tajik text:

Computer design and layout:

Samadova Z.S. – Candidate of Philology Sciences, Associate Professor

Sharipov Kh.Kh.

Nazarzoda R. S. – Candidate of Pedagogical Sciences, Acting Associate Professor

Маҷаллаи илмӣ-амалии «Паёми ДТТ» ба рӯйхати нашрияҳои илмӣ тақризшавандаи ҚОА назди Президенти ҚТ ва Шохиси иқтибосоварии илмӣ Россия (ШИИР), ки натиҷаҳои асосии диссертатсияҳо аз рӯйи самти омода кардани докторҳои фалсафа (PhD), доктор аз рӯйи ихтисос, номзадҳо ва докторҳои илм нашр мешаванд, дохил карда шудааст.

Шаҳодатномаи Вазорати фарҳанги ҚТ дар бораи сабти номи ташиқлотҳои табу нашр: № 053/МЧ-97 аз 23 апрели соли 2018.

Фармони ҚОА назди Президенти ҚТ аз 26 октябри соли 2020, № 209 оид ба ворид кардани маҷалла ба феҳристи нашрияҳои илмӣ тақризшаванда.

Шартномаи № 818-12/2014 бо КЭИ оид ба воридшавӣ ба пойгоҳи илмӣ ШИИР.

Науҷно-практикеский журнал «Вестник ТУТ» включён в список рецензируемых научных изданий ВАК при Президенте РТ и Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), в котором должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени доктора философии (PhD), доктора по специальности, кандидата и доктора наук.

Свидетельство Министерства культуры РТ о регистрации организаций, имеющих право печати: № 053/МЧ от 23 апреля 2018 г.

Приказ ВАК при Президенте РТ от 26 октября 2020 года, № 209 о включении журнала в список рецензируемых научных изданий.

Договор НЭБ № 818-12/2014 о включении журнала в научную базу РИНЦ.

Scientific-practical journal «Bulletin of TUT» is included to the list of peer-reviewed scientific editions of the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Tajikistan and the Russian Science Citation Index (RSCI), where key scientific results of dissertation for degrees of PhD (Philosophy Doctor), doctor of science by specialty, candidate of science and doctor of science are published.

Certificate of the Ministry of Culture of the Republic of Tajikistan about the registration of organizations, who has a right for publishing: No 053/MCH from April 23, 2018.

Order No 209 from 26.10.2020 of the Higher Attestation Commission under the President of the Republic of Tajikistan about the inclusion of the journal in the list of peer-reviewed scientific publications.

Agreement with NEL №818-12/2014 about the inclusion of the journal to the scientific base of RSCI.

МУНДАРИЧА

ТЕХНОЛОГИЯ ВА КИМИЁ

1. **Чурахонзода Р.Қ., Амрализода А.А.** ТАЪСИРИ РАВҒАНҲОИ ЭФИРИИ MENTHA PIPERITA, LAVANDULA ANGUSTIFOLIA ВА OCIMUM BASILICUM ДАР ИДОРАКУНИИ PENICILLIUM DIGITATUM ВА СИФАТИ ПАС АЗ ҶАМЪОВАРИИ МЕВА 7-17
2. **Бобоев М.М.** ТЕХНОЛОГИЯИ НИГОҲДОРИИ МЕВАҶОТ ДАР ВИЛОЯТИ СУҒД ВА РОҲОИ БАЛАНД БАРДОШТАНИ СОДИРОТИИ ОНҲО 17-25
3. **Мамадҷонова С.А., Тошпулотов С.Ш., Эгамова Д.Б., Олимбойзода П.А.** МАТЕРИАЛҲОИ НАССОҶИИ АНТИБАКТЕРИАЛӢ ВА БИСӢРФУНКЦИОНАЛӢ: РАВИШҲОИ МУОСИР ВА ҲАЛЛҲОИ НАНОТЕХНОЛОГӢ 25-51
4. **Эгамова Д.Б., Олимбойзода П.А., Яминзода З.А., Мамадҷонова С.А.** РАВИШҲОИ МУОСИРИ ХИМИЯВӢ-ТЕХНОЛОГӢ БА ЭҶОДИ МАВОДИ НАССОҶИИ ФУНКЦИОНАЛӢ 52-71
5. **Яминзода З.А., Одинсова О.И., Ҳакимзода З.Ғ., Анушервони Ш.** МИКРОКАПСУЛАҲО ДАР АСОСИ СЕРИЦИН ВА БИОПОЛИЭЛЕКТРОЛИТҲО БО РАВҒАНҲОИ ЭФИРӢ БАРОИ КОРКАРДИ АНТИБАКТЕРИАЛИИ МАТОЪҲОИ СЕЛЛЮЛОЗӢ: УСТУВОРӢ, ИММОБИЛИЗАТСИЯ ВА ҶУДОШАВИИ МОДДАҲОИ ФАӢОЛ..... 71-81

ТЕХНОЛОГИЯҲОИ ИТТИЛООТӢ ВА ИННОВАТСИОНӢ

6. **Ғулумсафдаров А.Ғ., Одинаев Б.М.** ТАРҲРЕЗӢ ВА ТАТБИҚИ ЭКОСИСТЕМАИ РАҚАМИИ «ДОНИШГОҲИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛӢ» 83-91
7. **Комилиён Ф.С., Тағоев Ш.Х.** ТАМОЮЛҲОИ РУШДИ МУҲИТҲОИ ЗЕҲНИИ РАҚАМИИ ТАЪЛИМ ВА ШАРҲИ АДАБИЁТИ ИЛМИИ МАРБУТ БА ОНҲО 91-103
8. **Муродзода З.О.** ТАТБИҚИ УСУЛИ БАҲИСОБИРИИ ГУРӢҲИИ АРГУМЕНТҲО БАРОИ БАҲОДИҲИИ ИНТЕГРАЛИИ СИФАТИ ТАЪЛИМ ДАР МАКТАБҲОИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ 103-114
9. **Сафарзода О.С., Шамсов С.М.** ТАТБИҚИ МОДЕЛҲОИ СЕМАНТИКӢ-СОХТОРӢ ДАР КОРКАРДИ АВТОМАТИКУНОНИДАИ ҶУМЛАҲОИ СОДДАИ ТОЧИКӢ 115-120
10. **Тағоев Ш.Х.** ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ МУҲИТҲОИ МУОСИРИ РАҚАМИИ ТАЪЛИМ 121-130

ИҚТИСОДИЁТ

11. **Субҳонзода И.С.** РАҚАМИКУНОНИИ ИСТЕҲСОЛОТ ҲАМЧУН ОМИЛИ ТАЪМИНИ БАРТАРИИ РАҚОБАТИИ СОҲИБКОРИИ ИСТЕҲСОЛӢ 132-140
12. **Субҳонзода И.С.** МЕТОДОЛОГИЯИ ИНТИХОБИ АФЗАЛИЯТҲОИ РУШДИ СОҲИБКОРИИ ИСТЕҲСОЛӢ ДАР ИҚТИСОДИ МИЛЛӢ 140-148
13. **Холдорев М.Х.** АСОСҲОИ ИНСТИТУТСИОНАЛИИ СИЁСАТИ ДАВЛАТӢ БАРОИ РУШДИ УСТУВОРИ ТОҶИКИСТОН 148-158

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ

1. **Джурахонзода Р.Дж., Амирализода А.А.** ВЛИЯНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ MENTHA PIPERITA, LAVANDULA ANGUSTIFOLIA И ОСИМUM BASILICUM НА КОНТРОЛЬ PENICILLIUM DIGITATUM И КАЧЕСТВО ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ 7-17
2. **Бобоев М.М.** ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ В СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКСПОРТА 17-25
3. **Мамаджанова С.А., Тошпулотов С.Ш., Эгамова Д.Б., Олимбойзода П.А.** АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ 25-51
4. **Эгамова Д.Б., Олимбойзода П.А., Яминзода З.А., Мамадҷонова С.А.** СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ 52-71
5. **Яминзода З.А., Одинаева О.И., Ҳакимзода З.Ғ., Анушервони Ш.** МИКРОКАПСУЛЫ НА ОСНОВЕ СЕРИЦИНА И БИОПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ С ЭФИРНЫМИ МАСЛАМИ ДЛЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТКАНЕЙ: УСТОЙЧИВОСТЬ, ИММОБИЛИЗАЦИЯ И ВЫСВОБОЖДЕНИЕ 71-81

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

6. **Гуломсафдаров А.Г., Одинаев Б.М.** РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ «УМНОГО УНИВЕРСИТЕТА» 83-91
7. **Комилийн Ф.С., Тагоев Ш.Х.** ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕД И ОБЗОР СВЯЗАННОЙ С НИМИ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 91-103
8. **Муродзода З.О.** ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЁТА АРГУМЕНТОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ ШКОЛ ГОРОДА ДУШАНБЕ 103-114
9. **Сафарзода О.С., Шамсов С.М.** ПРИМЕНЕНИЕ СЕМАНТИКО-СТРУКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОСТЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ТАДЖИКСКОГО ЯЗЫКА 115-120
10. **Тагоев Ш.Х.** СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕД 121-130

ЭКОНОМИКА

11. **Субхонзода И.С.** ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТНОГО ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА 132-140
12. **Субхонзода И.С.** МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА ПРИОРИТЕТОВ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ 140-148
13. **Холдорев М.Х.** ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТАДЖИКИСТАНА 148-158

CONTENT

TECHNOLOGY AND CHEMISTRY

1. **Jurakhonzoda R.J., Amiralizoda A.A.** THE EFFECTS OF ESSENTIAL OILS MENTHA PIPERITAON, LAVANDULA ANGUSTIFOLIA AND OCIMUM BASILICUM ON THE CONTROL OF PENICILLIUM DIGITATUM AND POSTHARVEST QUALITY 7-17
2. **Boboev M.M.** FRUIT STORAGE TECHNOLOGY IN THE SUGHD REGION AND WAYS TO INCREASE THEIR EXPORTS 17-25
3. **Mamadjanova S.A., Toshpulotov S.Sh., Egamova D.B., Olimboyzoda P.A.** ANTIBACTERIAL AND MULTIFUNCTIONAL TEXTILE MATERIALS: MODERN APPROACHES AND NANOTECHNOLOGICAL SOLUTIONS 25-51
4. **Egamova D.B., Olimboyzoda P.A., Yaminzoda Z.A., Mamadjanova S.A.** MODERN CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL TEXTILE MATERIALS 52-71
5. **Yaminzoda Z.A., Odincova O.I., Hakimzoda Z.G., Anushervoni Sh.** SERICIN-POLYELECTROLYTE MICROCAPSULES WITH ESSENTIAL OILS FOR ANTIBACTERIAL FINISHING OF CELLULOSIC TEXTILES: STABILITY, IMMOBILIZATION AND RELEASE 71-81

INFORMATION AND INNOVATIVE TECHNOLOGY

6. **Ghulomsafdarov A.Gh., Odinaev B.M.** DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE DIGITAL ECOSYSTEM OF THE "SMART UNIVERSITY" 83-91
7. **Komiliyon F.S., Taghoev Sh.Kh.** DEVELOPMENT TRENDS OF DIGITAL INTELLIGENT EDUCATIONAL ENVIRONMENTS AND A REVIEW OF RELATED SCIENTIFIC LITERATURE 91-103
8. **Murodzoda Z.O.** APPLICATION OF THE METHOD OF GROUP ACCOUNTING OF ARGUMENTS FOR AN INTEGRATED ASSESSMENT OF THE QUALITY OF EDUCATION IN SCHOOLS OF THE CITY OF DUSHANBE 103-114
9. **Safarzoda O.S., Shamsov S.M.** APPLICATION OF SEMANTIC-STRUCTURAL MODELS IN AUTOMATED PROCESSING OF TAJIK SIMPLE SENTENCES 115-120
10. **Taghoev Sh.Kh.** COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENTS 121-130

ECONOMICS

11. **Subhonzoda I.S.** DIGITALIZATION OF PRODUCTION AS A FACTOR OF ENSURING THE COMPETITIVE ADVANTAGE OF INDUSTRIAL ENTREPRENEURSHIP 132-140
12. **Subhonzoda I.S.** A METHODOLOGY FOR SELECTING PRIORITIES FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ENTREPRENEURSHIP IN THE NATIONAL ECONOMY 140-148
13. **Kholdorov M.Kh.** INSTITUTIONAL BASES OF THE STATE POLICY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TAJIKISTAN 148-158

ТЕХНОЛОГИЯ ВА КИМИЁ

ТЕХНОЛОГИЯ И ХИМИЯ

TECHNOLOGY AND CHEMISTRY

UDC 621.311

THE EFFECTS OF ESSENTIAL OILS MENTHA PIPERITAON, LAVANDULA ANGUSTIFOLIA AND OCIMUM BASILICUM ON THE CONTROL OF PENICILLIUM DIGITATUM AND POSTHARVEST QUALITY

Jurakhonzoda R.J, Amiralizoda A.A.

Academician M.S. Osimi Tajik Technical University

This study was aimed at determining the advanced method of storing lemon and evaluating the antifungal activity of essential oil from family Lamiaceae against green mould decay, by using in vitro and in vivo tests. Using chemical fungicides to control fungal disease has become important issue due to emergence of drug resistance and negative impacts on both, the environment and human health. The antifungal activity of essential oils (EO) has been used for centuries and nowadays the efforts to promote natural compounds in postharvest control have augmented interest in their possible applications. In this regard, this article presents the inhibition of three essential oils: Mentha piperitaon, Lavandula angustifolia and Ocimum basilicum against Penicillium digitatum. The essential oils were obtained by hydro distillation and analyzed by gas chromatography/mass spectrometry. The experimental design was completely designed in triplicate. The essential oils were obtained from the aerial parts of medicinal plant in 3 concentrations of 0 (as control), LEO300, LEO600, LEO1200, MEO300, MEO500, MEO600, BEO100, BEO200, BEO400 µl, and performed in inoculated “Verna” species of lemon. The results indicated that all essential oils (exception BEO100 µl) inhibited the mycelia growth of the fungus in both tests, with the highest efficacy displayed by basil. Generally, presented results showed that essential oils have control potential with P. digitatum, but further studies are needed to achieve the appropriate formulation for large scales.

Key words: essential oil, Penicillium digitatum, green mould, postharvest control

1. INTRODUCTION

With the development of agricultural structure adjustment, the areas and yields of fruits and vegetables in Tajikistan have increased substantially in recent years. The production of fruits has become the main industry of agriculture as plant production and livestock breeding. It is plays major role in the improving farmer income, agricultural sector and national economic development [1-5]. Lemons have been cultivated in Tajikistan since as early as 1921. Tajik lemons are known to have thinner skin and richer flavor, which makes them highly popular abroad. Today lemon gardens occupy about 1500 hectares of land (tajikproduct.com) with a yield of more than 136635 hg/ha per year (FAOSTAT/2016). About 50% of production is exported to Kazakhstan and Russia. However, the market is becoming very demanding and to maintain and further improve Tajik’s lemons position in the market a lot needs to be done. One of the key problems of lemon producers is significant losses during postharvest period which can reach up to 40% [7,8].

Physiological and pathological disorders of lemons (*Citrus lemon*) are the main causes of quality losses during postharvest stages leading to high economic losses causing by *Penicillium* species, *Penicillium italicum* which is responsible for blue rot, and *Penicillium digitatum* causing devastating green rot [6]. The most frequent kind of spoilage in citrus products is chemical and microbiological spoilage which includes nonenzymatic browning, color change for other reasons, loss of ascorbic acid, deterioration of taste and aroma and degradation of the bioactive principles [4,5]. Due to the high water content in fruit and the wounds that often form as a result of harvesting and transportation, fungus have easy access to fruit [8,9]. Green mould, caused by *Penicillium digitatum* is the most economically important postharvest disease of citrus in arid growing regions of the world [12,13].

All operations, including harvesting, preharvest practices, farming systems, postharvest treatments, packaging, transportation, and temperature and humidity management during handling have significant effects on the storage life of fruits. Fungicides such as imazalil, pyremethianine, thiabendazole, propiconazole, sodium orthophenyl phenate, fludioxonil are widely used to protect fruit against fungal diseases during storage worldwide. However, using of these fungicides is subject to registration and permission for use in various countries. Continuous use of fungicides has led to the appearance of fungal strains with multiple resistance fungicides and certain side effects of these drugs residues, including teratogenicity and carcinogenicity [11].

In fact, the above treatments do not eliminate undesirable microorganisms responsible for fungal decay. In addition, due to consumer concerns about the use of synthetic preservatives, exploitation of organic compounds has increasingly been researched in recent years. Innovations in this area can be focused in four categories of treatments: bio control agents (yeasts, bacteria), essential oils (thyme, mint, lemongrass, lemon balm, oregano, savory), physical means (hot water dip, hot water rinsing and brushing, vapor, hot air and curing, microwave energy, UV-C light) and etc. Furthermore, above essential oils had an additional effect of maintaining the overall fruit quality during storage, including organoleptic, nutritive and functional properties [3-4].

Tajikistan has a rich flora including large numbers of herbs and aromatic plants. According to preliminary estimates about 1500 species of Tajik plants are used in folk medicine, but only a small number of them are important in modern medicine. People in Tajikistan rely on medicinal plants as their traditional form (Table 1) of medicine to prevent and cure health disorders and these aromatic plants have attracted human attention for a long time because of their mostly pleasant fragrances [12-13]. In Tajikistan, to our knowledge there is no report exists on the use of essential oils in lemons to inhibit postharvest fungal grow and a very few studies over the world as well. Thus, the aim of this study was to evaluate the efficacy of basil, mint and lavender for inhibiting *P. digitatum* growth in vitro tests as well as their effect on reducing decay in lemon fruits inoculated with *P. digitatum*.

Table 1.

Herbs plant in folk medicine. Top popular plants from family of *Lamiaceae* are used in traditional recipes

Scientific name	Common name	Used part	Traditional uses in	Reference
Hyssopus seravschanicus Pazij	Hyssop, Ushnondoru	Aerial parts	Bronchial asthma, chronic bronchitis, flu, respiratory tract etc.	F. Sharopov, et al., 2015
Melissa officinalis	Lemon Balm, Niyozbuy	Leaves	Food additive, helps digestion etc.	F. Sharopov, et al., 2015
Mentha longifolia Huds	Wild Mint, Hulba, Pudina	Aerial parts	Tea, respiratory tract, food additive etc.	F. Sharopov, et al., 2015; A. Ali and A. Akobirshoeva, 2005
Ocimum basilicum	Basil, Rayhon	Extract, aerial parts	Respiratory tract, food additive, food poisoning etc.	F. Sharopov, et al., 2015; F. Sharopov, et al., 2016
Origanum tyttanthum Gontsch	Oregano, Kokuti, Sebinak	Aerial parts	Stimulant, coughs, headaches, nervousness etc.	F. Sharopov, et al., 2015
Salvia sclarea	Clary Sage, Marmarak	Aerial parts	Palpitation, digestion, against colds etc.	F. Sharopov, et al., 2015

Continuation of the Table 1.

Scientific name	Common name	Used part	Traditional uses in	Reference
Ziziphora clinopodioides Lam.	Blue Mint, Jamilak	Leaves, flowers stem	Food additive, stomach ache, nausea, colds and cough etc.	F. Sharopov, et al., 2015; A. Ali and A. Akobirshoeva, 2005

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Fruit, plant materials and EO extraction

This research was performed between June and July 2018 in Banat` University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine (Romania). Fruit of lemons (*Citrus lemon*) cv. 'Verna' without any postharvest treatments were collected in local markets in Timisoara, (western Romania). Only healthy and commercially mature fruit were used in the experiments. Freshly harvested or briefly stored at 5°C (no longer than a week) fruits were used in the screening tests. Fruits were disinfected by dipping in Hypochlorite A:9 solution for 3 min, rinsing with sterile distilled water and allowed to dry at room temperature.

Three fresh plant materials from specific family (*Lamiaceae*) were collected from different locations in Timisoara`s valley between June and July 2018. The species of all samples were identified and were deposited in the herbarium of the chemical - microbial laboratory, faculty of Food Processing Technology, Banat` University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine. The botanical name, family, and parts used of plant samples are identified by Dr. Diana O. when plant samples were cleaned, dried in the shade then stored in the dark until use.

The aerial parts of *Mentha piperitaon*, *Lavandula angustifolia* and *Ocimum basilicum* were obtained at full flowering stage. Then they were air-dried and powdered using a milling machine and kept in a cool dry place until ready for extraction of the essential oil. Afterwards, essential oil was taken from 300 g of the powdered sample in hydro distillation method with the help of Clevenger apparatus set for two hours.

2.2. Medium and Pathogen

The basic medium used for 'in vitro' studies was Czapek yeast extract agar (CYA) and malt extract agar (MEA). Isolate of *Penicillium digitatum* that was obtained from decaying lemon fruits was selected for experiments. A 7–14-day old culture of the isolate on CYA at 25°C was used as conidia source during further investigation. These fungi were identified on the basis of morphological characters, colony characters on media, mycelia characters, types of conidiophore and conidial characters formed on Czapek yeast extract agar as described by John I. Pitt and Ailsa D. Hocking (2009).

2.3. Gas chromatography and mass spectrometry (GC–MS)

The chemical characterization of EO was done used the gas-chromatograph equipment with mass spectrometer (GS/MS) Shimadzu QP 2010Plus with a capillary column with the characteristics: AT WAX 30 m X 0.32 mm X 1µm). The carrier gas used was helium with a flow rate of 1 mL/min. The program used for the compounds separation was: 40° C for 1 min, a rate of 5° C/min to 210°C for 5 min. Injector and ion source temperatures were 250°C and 220° C respectively. The injection volume was 1 µL at a ratio of 1:50. The NIST database was used to identify volatile compounds.

2.4. In vitro and in vivo assay

The in vitro antifungal activity of *Mentha piperitaon*, *Lavandula angustifolia* and *Ocimum basilicum* against *P. digitatum* were tested. Seven day-old fungal cultures on CYA treated with the essential oil at different concentrations. Treatments were subject as mentioned below: (1) Control:

Without treatment; (2) *Mentha* EO treatment: MEO300, MEO500, MEO600 µl concentrations: (3) Basil EO treatment: BEO100, BEO200, BEO400 µl concentrations: (4) Lavander EO treatment: LEO300, LEO600, LEO1200 µl concentrations. Fungus spores from the surface of contaminated fruits were removed with scalpel and cultured on malt extract agar was then poured into Petri plates (7,5 mm diameter), and mould strains to be tested were grown on MEA and incubated at 25°C for five days, until sporulation occurred, respectively. The mycelia growth was measured after 5 days of incubation and is expressed as the distance (cm) from the plug to the side edge of the actively growing mould. The experiment was performed in triplicate and repeated twice.

To determine whether plant extracts have fungistatic (temporary inhibition) or fungicidal (permanent inhibition) effect on *P. digitatum*, fungal discs from treatment with no growth were reinoculated into fresh medium and revival of their growth was observed.

The lemons were treated with the essential oils by the standard techniques followed by T. Pramila et al. [3] and Perez-Alfonso C. O et al. [4] in order to evaluate the efficacy of the oils against green mould of lemon caused by *P. digitatum*. Fruits were wounded by puncturing them with a pin on different sides of the peel and each wound site was inoculated by spraying of spore suspension. In treatment sets, the amount of oils were added separately into the desiccators by using pipette so as to give the lowest concentrations of *Mentha piperitaon*, *Lavandula angustifolia* and *Ocimum basilicum* at BEO100, MEO300 and LEO300 µl respectively. The inoculated fruits were kept in desiccators (two lemons per desiccator) for 5 days at room temperature and the initiations of rotting of the fruits were observed.

3. RESULTS

3.1. Determining compositions of EO and their characteristics

The essential oils from the aerial parts of *Mentha piperitaon*, *Lavandula angustifolia* and *Ocimum basilicum* from four different geographical locations and obtained by hydro distillation and analyzed by GC–MS. The essential oil compositions are summarized in Table 3. The basil, lavander and mint extracts composition was determined by the GC-MS method and 24 different components of lavander, 25 components of mint and 13 components of basil were identified. The major components of the extracts were: lavander - linalool (31.4%), linalool acetate (31.8%), 4-terpineol (8.4%), caryophyllene (5.4%), lavandulol (5.2%) etc; mint - p-menthan-3-ona (31%), menthol (25.2%), 1,3,12-nonadecatriene (9.7%), eucalyptol (7.4%), carvone (6.7%) etc; basil - estragole (49.9%), linalool (41.5%), eucalyptol (3.5%) etc.

Table 2.

Composition of the essential oils isolated by hydro distillation from the flowering aerial parts of *Mentha*

Compound	R. Time	m/z	Area	Height	Conc.Conc.Unit %
Alpha-Pinene	5.585	TIC	614011	74693	0.623
Beta -Pinene	7.676	TIC	876857	112480	0.890
Thujene	8.005	TIC	495629	66234	0.503
Beta-Myrcene	9.094	TIC	311835	45155	0.317
Cyclohexene,3methyl-6-(1-methylethylidene	9.614	TIC	227437	33355	0.231
D-Limonene	10.153	TIC	3010539	424405	3.057
Eucalyptol	10.375	TIC	7327669	859522	7.440
Gamma -Terpinen	11.438	TIC	429336	59670	0.436

Continuation of the Table 2.

Compound	R. Time	m/z	Area	Height	Conc.Conc.Unit %
P-Menthan-3-ona	17.433	TIC	30537671	4479144	31.006
Menthofurane	17.889	TIC	1359975	189380	1.381
D-Menthone	18.141	TIC	3145450	494082	3.194
Linalool	19.409	TIC	384737	47550	0.391
Linalool formate	19.565	TIC	920100	148233	0.934
Menthyl acetate	19.902	TIC	2168677	347874	2.202
P-Menth-8-en-3-one	20.166	TIC	190041	30456	0.193
4-Hexen-1-ol,5 methyl-2-(1 methylethenyl)	21.085	TIC	1125804	100089	1.143
Caryophyllene	21.085	TIC	1185178	102821	1.203
Cyclohexanone,5methyl-2-(1 methylethylide	21.984	TIC	2040076	373154	2.071
Cyclohexanol, 2 methyl-5-(1-methylethenyl)	22.462	TIC	231561	33170	0.235
Germacrene	23.745	TIC	565518	86970	0.574
3-Carvomenthenone	23.862	TIC	319238	69571	0.324
Carvone	23.991	TIC	6619638	1270365	6.721
Menthol	25.892	TIC	24805532	839570	25.186
1,3,12-Nonadecatriene	38.768	TIC	9586539	592445	9.733
2-Hexenal,5-(1ethoxyethoxy) [R*,S*-(E)]	39.077	TIC	11569	4749	0.012

Table 3.

**Composition of the essential oils isolated by hydro distillation from
the flowering aerial parts of Basil**

Compound	R. Time	m/z	Area	Height	Conc.Conc.Unit %
Beta pinene	7.681	TIC	330785	46980	0.399
Limonene	10.158	TIC	327341	52549	0.395
Eucalyptol	10.378	TIC	2874103	367698	3.464
Beta cis Ocimene	11.533	TIC	515161	73215	0.621
O- Cymol	12.086	TIC	257212	43391	0.310
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	13.793	TIC	248670	53293	0.300
Linalool	19.408	TIC	34431189	2892955	41.498
Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene,2,6dimethyl-6-(4-meth	20.685	TIC	297689	45400	0.359
Estragole	22.400	TIC	41406281	6898966	49.904
Cis Citral	22.684	TIC	548955	99673	0.662
Trans Citral	23.838	TIC	669876	119251	0.807
Alpha Bisabolene	25.036	TIC	759063	132088	0.915
Eugenol	32.842	TIC	304818	63123	0.367

Table 4.

**Composition of the essential oils isolated by hydro distillation from
the flowering aerial parts of Lavander**

Compound	R. Time	m/z	Area	Height	Conc.Conc.Unit %
Beta-Myrcene	9.094	TIC	405156	57781	0.367
Limonene	10.151	TIC	689546	103877	0.624
Eucalyptol	10.376	TIC	1637948	209452	1.483
Beta trans Ocimene	11.054	TIC	5243652	777689	4.749
Beta cis Ocimene	11.542	TIC	4435594	644548	4.017
P-Cymol	12.061	TIC	386084	45085	0.350
Octen-1-ol, acetate	14.898	TIC	1328610	231847	1.203
2-Furanmethanol, 5-ethenyltetrahydro-alpha	16.755	TIC	266849	32807	0.242
cis-Linaloloxide	17.500	TIC	158867	21205	0.144
Camphor	18.763	TIC	289644	55286	0.262
Linalool	19.413	TIC	34712754	3441232	31.436
Linalool acetate	19.579	TIC	35094828	5075007	31.782
1-Terpineol	20.241	TIC	186296	34685	0.169
Alfa Santalene	20.379	TIC	621215	87096	0.563
4-Terpineol	20.938	TIC	9305827	801402	8.427
Caryophyllene	21.087	TIC	5955451	744105	5.393
Beta Farnesene	22.422	TIC	1495486	231959	1.354
Cryptone	22.547	TIC	522188	112272	0.473
Alfa terpineol	23.411	TIC	144373	17058	0.131
Germacrene	23.746	TIC	496364	68821	0.450
3Isopropylbenzaldehyde	25.055	TIC	146260	31133	0.132
Propenylanisole	26.009	TIC	758665	168299	0.687
Lavandulol	27.599	TIC	5785597	267642	5.239
Caryophyllene oxide	29.691	TIC	356730	68524	0.323

3.2. Observing the antifungal effect of EO relative to the Verna lemon

Analysis of variance showed a significant interaction between different trials of preserving citrus fruit (trial). Significant interaction was observed between in vitro and in vivo sets (Table 3). The results obtained in assays of antifungal activity of the oils tested are shown in Fig 1. From these data, it is clear that the most effective oils were all plants which inhibited grows of mycelia in vitro assay, with 100% inhibition of *P. digitatum*. The effect of plant extracts varied according to plant species and their concentrations. Among these plants *Ocimum basilicum* completely inhibited mycelial growth of tested fungus in both sets.

The best curative or protective (100%) was achieved when treated fruits with the oils of basil in vivo experiment. The oils of these plants were completely active against *P. digitatum* when added into the medium (vapor phase) at all concentration but this inhibitory effect was fungistatic, not fungicidal. Lavender and mint has shown low inhibitory effect on the growth of *P. digitatum* when tested in vivo assay. It was found that these three species were fungistatic rather than fungicidal, since plugs transferred into fresh medium and mycelia grew after additional five days of incubation at 25 °C.

All treatments significantly reduced the decay of lemon fruits both in vitro and in vivo as well. Results in table clearly indicate that decay of control fruits was increased significantly with

prolonged storage period. The lowest values for decay were obtained as a result of treating the fruits with basil oil at 24°C for 5-7 storage days as compared with the control treatment which have the highest decay in both test. Looking to the interaction effect between the storage periods and post-harvest treatments with essential oils, it is obvious that all essential oils had the lowest decay at 7 days storage in both test but it need to be tested for a large scale for more storage period.

Table 5.

**In vitro and in vitro effect of plants aqueous extracts on spore germination
of *Penicillium digitatum***

№	Samples	Concentration of extracts (µl)	In vitro	In vivo	After 5 days of storing		After 7 days of storing	
					In vitro	In vivo	In vitro	In vivo
1	Ocimum basilicum	100	-	-	-	-	-	-
		200	-	-	-	-	-	-
		400	-	-	-	-	-	-
2	Mentha piperitaon,	300	-	+	-	+	+	+
		500	-	+	-	-	+	+
		600	-	+	-	-	-	+
3	Lavandula angustifolia	300	-	+	-	+	+	+
		600	-	+	-	+	+	+
		1200	-	+	-	-	-	+
4	Control	0	+	+	+	+	+	+

Data tabulated above (Table 5) indicated that basil EO have high fungicidal effects against the *P. digitatum*. The fungistatic activity of the tested oil was inhibited grow of green mould by adding up 100 µl oil. Conducted analysis for determining antifungal activity showed that treating lemon with EO from basil can keep lemon without transformation. In fact, there was generally statistical difference for the treatments between the mint, lavender and basil. In accordance with the results obtained from the experiment, using the basil EO have positive influence in storing of lemons than mint and lavender.

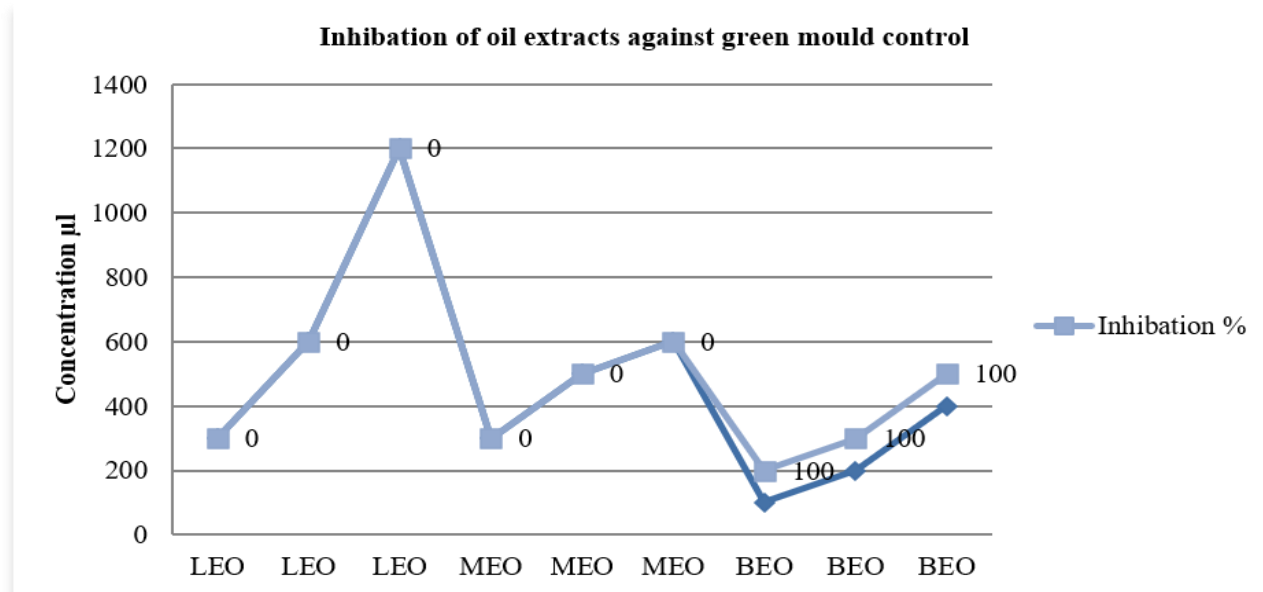
4. DISCUSSION

The results clearly indicated that EO from *Ocimum basilicum* exhibited high fungistatic effects against the mycelia growth of *P. digitatum* than *Mentha piperitaon*, *Lavandula angustifolia*. Green mould is one of the main contributors to postharvest losses in Tajikistan and export market due to decay. As a result of the long distances to markets, the time to reach export markets can be from 6 (for soft citrus) to 12 weeks [3-4].

In the experiments discussed above, it has been observed that the essential oil of basil is perspective against *P. digitatum* (Fig. 1). Little literature exists on the effect of basil on lemon fruit pathogenic fungi. Sharopov F. S [8-9] reported about antimicrobial activity of basil, as well as composition of extracts.

Recent findings on the success of basil oil as alternative for synthetic substances was reported. A study reported that EO from thymol and carvacrol considered as good alternatives to reduce the use of synthetic fungicides. An earlier report revealed that other essential oils, apart from basil oil, such

as thymol and carvacrol, thyme and clove, anvillea, pomegranate peel extract, salad burnet and bean broomrape, oregano and cinnamon completely inhibited *P. digitatum* when added to the medium at different concentrations [4,5,6].



**Figure 1. In figure has shown proportion of inhibition oil against *P. digitatum*.
Basil essential oil showed antifungal activity in both tests**

5. CONCLUSIONS

Postharvest disease management is therefore of the utmost importance in order to assure the best possible quality fruit on the market. The results of this study showed that basil EO has positive effects to protect fruits from deterioration. Practices including sanitation and careful handling of fruit during harvesting are essential to control fruit from damaging. In addition we can say that it was inception investigation about using of EO in Tajikistan afterward the whole sides are going to study in details. The basil oil is a good source of bioactive compounds, such as estragole, linalool and eucalyptol which are potential antifungal substances against *P. digitatum*.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors express their deeply gratitude to Diana Obistioiu and Renata Maria Sumalan for participating in present research. This research also was done by cooperating Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine.

References:

1. Daniel, L.R.S., Silesia, H.B.M. de Amorim., Fatima, R.V. Goulart., Celuta, S. Alviano., Daniela, S. Alviano., Antonio Jorge R. da Silva., 2017. Citrus species essential oils and their components can inhibit or stimulate fungal growth in fruit. *Industrial Crops and Products*. 98, 108-115.
2. Davlatzoda, S. Sustainable development under industrialization: an overview of environmental sustainability / S. Davlatzoda, R. Jurakhonzoda // *Sciences of Europe*. – 2024. – No. 146(146). – P. 35-38. – DOI 10.5281/zenodo.13267856.
3. Maria, G., Li, D.N., Sonia, P., Ginat, R., Flora, V.R., Maria, C.S., Paolo, R., Samir, D., Leonardo, S., 2016. Control of postharvest fungal rots on citrus fruit and sweet cherries using a pomegranate peel extract. *Postharvest Biology and Technology*. 114, 54–61.
4. Mditshwa, A., Magwaza, L.S., Tesfay, S.Z., Mbili, N., 2017. Postharvest quality and composition of organically and conventionally produced fruits: A review. *Scientia Horticulturae*. 216, 148-159.

5. Regnier, T., Combrinck, S., Veldman, W., Du Plooy, W., 2014. Application of essential oils as multi-target fungicides for the control of *Geotrichum citri-aurantii* and other postharvest pathogens of citrus. *Industrial Crops and Products*. 61, 151–159.
6. Romanazzi, G., Smilanick, J.L., Feliziani, E., Droby, S., 2016. Integrated management of postharvest gray mold on fruit crops. *Postharvest Biology and Technology*. 113, 69–76.
7. Sharopov, F.S., Zhang, H., Wink, M., Setzer, W.N., 2015. Aromatic Medicinal Plants from Tajikistan (Central Asia). *Journal Medicines*. 2, 28-46.
8. Sharopov, F.S., Sulaimonova, V.A., Setzer, W.N., 2012. Essential oil composition of *Mentha longifolia* from wild populations growing in Tajikistan. *Journal of Medicinally Active Plants*. 1(2), 76-84.
9. Sharopov, F.S., Satyal, P., Ali, N.A.A., Pokharel, S., Zhang, H., Wink, M., 2016. The essential oil compositions of *Ocimum basilicum* from three different regions: Nepal, Tajikistan, and Yemen. *Chemistry-biodiversity*. 13 (2), 241-248.
10. Ecological and hydrochemical characteristics of groundwater / R. Jurakhonzoda, T. Majidzoda, D. Ibragimzade [et al.] // *Research Journal of Agricultural Science*. – 2025. – Vol. 57, No. 2. – P. 156-166. – DOI 10.59463/rjas.2025.2.19.
11. Extraction of humic acids by the pyrophosphate method / D. Ibrahimzoda, T. Mahmudova, R. Jurakhonzoda, K. Palavonov // *Sciences of Europe*. – 2023. – No. 112(112). – P. 53-55. – DOI 10.5281/zenodo.7708519.
12. Research of humic acids in the composition of some coals of the Republic of Tajikistan / Kh. Nazarova, D. Ibrohimzoda, R. Jurakhonzoda, F. Nazarov // *Sciences of Europe*. – 2024. – No. 140(140). – P. 44-48. – DOI 10.5281/zenodo.11171417.
13. Nature-based solutions for a sustainable future. Impact of phytotechnology on the environmental footprint and water resources / L. Smuleac, S. Davlatzoda, R. Pascalau [et al.] // *Norwegian Journal of Development of the International Science*. – 2024. – No. 140. – P. 91-95. – DOI 10.5281/zenodo.13788509.
14. Jurakhonzod R., Ahmadzoda B., Smuleac L., Davlatov M., 2023 - Innovative and digital approaches to development of the agro-industrial complex, *Research Journal of Agricultural Science*, 55(3).

Reviewer: Cand. Tech. Sc. Nazarov Sh.A.

Technological University of Tajikistan

ТАЪСИРИ РАВҶАНҲОИ ЭФИРИИ MENTHA PIPERITA, LAVANDULA ANGUSTIFOLIA ВА OCIMUM BASILICUM ДАР ИДОРАКУНИИ PENICILLIUM DIGITATUM ВА СИФАТИ ПАС АЗ ЧАМЪОВАРИИ МЕБА

Тадқиқоти мазкур ба муайян намудани усули пешрафтаи нигохдории лимӯ ва баҳодиҳии фаъолияти зиддизанбӯруғии равғанҳои эфирии растаниҳои оилаи *Lamiaceae* бар зидди пӯсиши мағори сабз равона гардидааст. Тадқиқот бо истифода аз усулҳои *in vitro* ва *in vivo* анҷом дода шуд. Фитопатогени асосие, ки ба лимӯ дар марҳилаи пас аз чамъоварӣ таъсир мерасонад, *Penicillium digitatum* мебошад. Истифодаи фунгисидҳои кимиёвӣ барои мубориза бар зидди бемориҳои занбӯруғӣ ба масъалаи муҳим табдил ёфтааст, зеро устуворӣ бо доруворӣ ва таъсири манфии онҳо ба мухити зист афзоиш ёфтааст. Фаъолияти зиддизанбӯруғии равғанҳои эфирӣ аз қадим истифода мешуд ва имрӯз таваҷҷуҳ ба истифодаи пайваस्ताгиҳои табиӣ дар давраи чамъоварӣ афзоиш ёфтааст. Дар ин мақола таъсири боздорандаи се равғани эфирӣ - *Mentha piperita*, *Lavandula angustifolia* ва *Ocimum basilicum* бар зидди *Penicillium digitatum* баррасӣ шудааст. Рағғанҳои эфирӣ бо усули гидродистилятсия ба даст оварда шуда, бо истифода аз хроматография ва спектрометрияи масса таҳлил гардиданд. Тарҳи таҷрибавӣ бо

се такрор гузаронида шуд. Равғанҳо дар концентратсияҳои гуногун (0 - назорат, LEO300, LEO600, LEO1200, MEO300, MEO500, MEO600, BEO100, BEO200, BEO400 мкл) гирифта шуда, дар навъи лимӯи «Verna» татбиқ гардиданд. Натиҷаҳо нишон доданд, ки ҳамаи равғанҳои эфирӣ (ба истиснои BEO100 мкл) афзоиши гифи занбӯруғро дар ҳар ду шароити таҷрибавӣ боздоштанд ва самаранокии баландтарин аз ҷониби райхон (*Ocimum basilicum*) мушоҳида гардид. Умуман, натиҷаҳои пешниҳодшуда нишон медиҳанд, ки равғанҳои эфирӣ дорои иқтидори назоратӣ бар зидди *P. digitatum* мебошанд, аммо барои истифодаи васеъмикёс тадқиқоти иловагӣ зарур аст.

Калидвожаҳо: равғани эфирӣ, *Penicillium digitatum*, мағори сабз, назорати пас аз чамъоварӣ.

ВЛИЯНИЕ ЭФИРНЫХ МАСЕЛ MENTHA PIPERITA, LAVANDULA ANGUSTIFOLIA И OCIMUM BASILICUM НА КОНТРОЛЬ PENICILLIUM DIGITATUM И КАЧЕСТВО ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

Данное исследование направлено на определение эффективного метода хранения лимонов и оценку противогрибковой активности эфирных масел растений семейства *Lamiaceae* против зеленой плесени. Исследование проводилось с использованием методов *in vitro* и *in vivo*. Основным фитопатогеном, поражающим лимоны на стадии послеуборочного хранения, является *Penicillium digitatum*. Использование химических фунгицидов для борьбы с грибковыми заболеваниями стало актуальной проблемой в связи с развитием устойчивости к препаратам и их негативным воздействием на окружающую среду. Противогрибковая активность эфирных масел известна с древних времен, и в настоящее время возрастает интерес к применению природных соединений в послеуборочной обработке. В данной работе изучено ингибирующее действие трех эфирных масел - *Mentha piperita*, *Lavandula angustifolia* и *Ocimum basilicum* - против *Penicillium digitatum*. Эфирные масла были получены методом гидродистилляции и проанализированы с использованием газовой хроматографии и масс-спектрометрии. Эксперимент проводился в трехкратной повторности. Эфирные масла применялись в различных концентрациях (0 - контроль, LEO300, LEO600, LEO1200, MEO300, MEO500, MEO600, BEO100, BEO200, BEO400 мкл) на лимонах сорта «Verna». Результаты показали, что все эфирные масла (за исключением BEO100 мкл) ингибировали рост гиф гриба в обоих типах экспериментов, при этом наибольшую эффективность продемонстрировало эфирное масло базилика (*Ocimum basilicum*). В целом полученные результаты свидетельствуют о том, что эфирные масла обладают потенциалом для контроля *P. digitatum*, однако для их широкого применения необходимы дополнительные исследования.

Ключевые слова: эфирные масла, *Penicillium digitatum*, зеленая плесень, послеуборочный контроль.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Чурахонзода Рауф Чурахон – номзади илмҳои техникаӣ, дотсент, Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. e-Mail: raufjurakhon@gmail.com. ORCID: 0009-0006-0340-3421.

Амирализода Амиршоҳ Амиралӣ – номзади илмҳои техникаӣ, Донишгоҳи техникаи Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. e-Mail: Amirsho_3737@mail.ru. ORCID: 0009-0009-0660-8600.

Сведения об авторах:

Джурахонзода Рауф Джурахон – кандидат технических наук, доцент, Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. e-Mail: raufjurakhon@gmail.com. ORCID: 0009-0006-0340-3421.

Амирализода Амиршох Амиралӣ – кандидат технических наук, Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. e-Mail: Amirsho_3737@mail.ru. ORCID: 0009-0009-0660-8600.

Information about the authors:

Jurakhonzoda Rauf Jurakhon – candidate of technical sciences, associate professor, Academician M.S. Osimi Tajik Technical University. e-Mail: raufjurakhon@gmail.com. ORCID: 0009-0006-0340-3421.

Amiralizoda Amirshoh Amirali – candidate of technical sciences, Academician M.S. Osimi Tajik Technical University. e-Mail: Amirsho_3737@mail.ru. ORCID: 0009-0009-0660-8600.



ТДУ 656.072:388.46

**ТЕХНОЛОГИЯИ НИГОҲДОРИИ МЕВАҶОТ ДАР ВИЛОЯТИ СУҒД ВА РОҲҶОИ
БАЛАНД БАРДОШТАНИ СОДИРОТИИ ОНҲО**

Бобоев М.М.

**Донишкадаи политехникии Донишгоҳи Техникии Тоҷикистон
ба номи академик М.С.Осимӣ дар шаҳри Хучанд**

Дар мақолаи мазкур масъалаҳои технологияи нигоҳдории меваҷот дар вилояти Суғд ва нақши он дар баланд бардоштани иқтисоди содиротии минтақа мавриди баррасӣ қарор гирифтаанд. Омилҳои асосии таъсиррасон ба сифати нигоҳдории меваҳо, аз ҷумла ҳарорат, намнокии ҳаво, муҳити газӣ, ҳолати санитарӣ ва дараҷаи пухтагии маҳсулот таҳлил шудаанд. Усулҳои муосири нигоҳдорӣ, аз қабили истифодаи сардхонаҳо, муҳити газии танзимшаванда, хушккунӣ, консерваторӣ ва яхкунӣ мавриди омӯзиш қарор гирифтаанд.

Дар асоси маълумоти оморӣ динамикаи масоҳати боғҳои мевадиханда, ҳаҷми истеҳсол ва содироти меваҳои вилояти Суғд таҳлил гардидааст. Натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳанд, ки вилояти Суғд дорои имкониятҳои васеъ барои истеҳсол ва содироти меваҳои рақобатпазир мебошад, аммо норасоии инфрасохтори нигоҳдорӣ ва мушкилоти логистикӣ ба рушди минбаъдаи соҳа таъсири манфӣ мерасонанд.

Дар мақола барои коҳиш додани талафоти маҳсулот, баланд бардоштани сифати меваҳои содиротӣ ва афзоиши ҳаҷми содирот тавсияҳои амалӣ пешниҳод шудаанд. Татбиқи технологияҳои муосири нигоҳдорӣ ва тақмили низоми интиқол метавонад ба баланд шудани самаранокии иқтисодии соҳа ва рушди содироти маҳсулоти кишоварзии вилояти Суғд мусоидат намояд.

Калидвожаҳо: меваҷот, нигоҳдорӣ, технологияҳои нигоҳдорӣ, сардхона, содирот, вилояти Суғд, маҳсулоти кишоварзӣ, логистика, сифати маҳсулот, рақобатпазирӣ, динамикаи содиротӣ, ҳарорати нигоҳдорӣ.

Пешгуфтор. Дар шароити муосири рушди иқтисодиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон, бахусус соҳаи кишоварзӣ, масъалаи истеҳсол, нигоҳдорӣ ва содироти маҳсулоти кишоварзӣ аҳамияти хоса касб намудааст. Вилояти Суғд ҳамчун яке аз минтақаҳои асосии истеҳсолкунандаи меваҳои тару тоза дар ҷумҳурӣ бо иқлими мусоид ва таҷрибаи ғании боғдорӣ мавқеи муҳимро ишғол менамояд. Меваҳои истеҳсолшудаи вилоят на танҳо талаботи бозори дохилиро қонеъ мегардонанд, балки ҳамчун маҳсулоти содиротӣ дар бозорҳои кишварҳои хориҷӣ низ мавқеи муайян доранд.

Дар баробари афзоиши ҳаҷми истеҳсоли меваҳо, масъалаи нигоҳдории онҳо то ба истеъмолкунанда расидан яке аз мушкилоти муҳими соҳа ба ҳисоб меравад. Риоя накардани талаботи технологӣ ҳангоми нигоҳдорӣ боиси паст шудани сифат, талафоти миқдорӣ ва кам гардидани имкониятҳои содиротии маҳсулот мегардад. Аз ин рӯ, истифодаи технологияҳои муосири нигоҳдорӣ, аз ҷумла сардхонаҳо, муҳити газии танзимшаванда, усулҳои хушккунӣ ва дигар роҳҳои пешрафта барои ҳифзи сифати маҳсулот аҳамияти калон дорад.

Мақолаи мазкур ба омӯзиши технологияҳои нигоҳдории мевачот дар вилояти Суғд, таҳлили вазъи истеҳсол ва содироти меваҳо, инчунин муайян намудани роҳҳои баланд бардоштани самаранокии содироти онҳо бахшида шудааст. Дар асоси таҳлили маълумоти оморӣ ва хусусиятҳои рушди соҳа омилҳои асосии таъсиррасон ба нигоҳдорӣ ва содироти меваҳо баррасӣ гардида, барои тақмили фаъолияти соҳа тавсияҳои амалӣ пешниҳод шудаанд.

Натиҷаҳои таҳқиқот метавонанд барои мутахассисони соҳаи кишоварзӣ, соҳибкорон, содироткунандагон ва дигар шахсони манфиатдор ҳангоми таҳияи барномаҳои рушди соҳа ва баланд бардоштани рақобатпазирии маҳсулоти кишоварзии ватанӣ истифода шаванд.

Технологияи нигоҳдории мевачот дар вилояти суғд ва роҳи баланд бардоштани содиротии онҳо. Иқтисодиёти ҳар як мамлакатро аз ҳисоби савдои беруна бой намудан мақсади асосии ҳар як мамлакат дар ҷаҳони муосир ба ҳисоб меравад. Ҷумҳурии Тоҷикистон низ дар савдои беруна аз ҳисоби соҳаҳои устувори рақобатпазири худ баромад, карда борҳои гуногуни истеъмолиро содирот мекунад.

Савдои беруна ҷабҳаи муҳими тараққиёти Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ҳисоб меравад. Ҳудуди 93 фоизи Ҷумҳурии Тоҷикистонро куҳҳо ташкил мекунад, ки аз ҷиҳати ҷойгиршавӣ дар вилояти Суғд низ қисми зиёди масоҳати заминҳоро куҳҳо ташкил медиҳад. Ба ин нигоҳ накарда, дар ҳудуди вилояти Суғд масоҳати зиёди боғҳои меваҳои гуногун ташкил карда шудааст, ки яки аз маҳсулоти содиротии вилоят меваҳои тару тоза мебошад. Аз ҷиҳати иқтисодӣ ва техникӣ дар бораи самаранок содироти меваҳои тару тоза бисёр корҳои илмӣ ба анҷом расонида шудааст.

Имрӯзҳо дар бозори ҷаҳони маҳсулоти фурухташаванда ҳам аз ҷиҳати сифат ва аз ҷиҳати харидоригӣ талаботи ҳудро дорад. Аз ҳисоби арзиш бошад, ҳам дар бозорҳои дохила ва ҳам бозорҳои беруна ширкатҳо ва соҳибкорони инфиридӣ рақобат мекунад. Аз ҳамин сабаб рисолаи бакалаврии мазкур барои баланд бардоштани самаранокии содироти меваҳои тару тоза аз нуқтаи назари ҳамлу нақл ва нақлиёт иҷроӣ қарор гирифт. Бо иҷроиши ин рисолаи мазкур баъзе таҳлилҳои ва методикаҳои нав пешниҳод мешавад, ки барои паст кардани арзиши аслии ҳамлу нақли меваҳои тару тоза равона карда шудааст.

Технологияи нигоҳдории мевачот маҷмӯи усулҳо ва ҷорабиниҳост, ки барои ҳифзи сифат, арзиши ғизоӣ ва пешгирии талафоти маҳсулот аз лаҳзаи ҷамъоварӣ то истеъмол истифода мешаванд. Ҳадафи асосии нигоҳдорӣ таъмин намудани маҳсулоти тару тоза ва хушсифат дар муддати дароз ва ё кутоҳмуддат мебошад. Дар ҳолати риоя накардани, технологияи нигоҳдории мевачот ба талафоти он оварда мерасонад, ки ба он як чанд омилҳо таъсир мерасонад, аз ҷумла:

1. **Ҳарорат** – паст кардани ҳарорат суръати нафаскашӣ ва пухтарасиро кам мекунад.
2. **Намӣи ҳаво** – намӣи нисбӣи 85–95% барои аксари меваҳо мувофиқ аст.
3. **Таркиби газии муҳит** – танзими миқдори оксиген ва газии карбон сифати меваҳоро нигоҳ медорад.
4. **Навъ ва дараҷаи пухтагии мева** – меваҳои солим ва дуруст пухтарасида беҳтар нигоҳ дошта мешаванд.
5. **Ҳолати санитарӣ** – пешгирии бемориҳо ва зараррасонҳо аҳамияти калон дорад [9].

Технология ва усулҳои гуногуни нигоҳдории меваҷот мавҷуд мебошад, ки онҳоро дида мебароем:

1. Нигоҳдорӣ дар шароити муқаррарӣ - меваҳо дар анборҳои оддӣ бо ҳавогузаронии хуб нигоҳ дошта мешаванд. Ин усул барои нигоҳдории кӯтоҳмуддат истифода мегардад.

2. Нигоҳдорӣ дар сардхонаҳо - ҳарорат одатан аз 0 то +5°C нигоҳ дошта мешавад. Ин усул муҳлати нигоҳдории себ, нок, ангур ва дигар меваҳоро зиёд менамояд.

3. Нигоҳдорӣ дар муҳити газии танзимшаванда - миқдори оксиген кам ва газии карбон зиёд карда мешавад. Ин технология барои нигоҳдории дарозмуддати себ ва нок самаранок аст.

4. Хушккунӣ - бо хориҷ намудани қисми зиёди намӣ фаъолияти микроорганизмҳо қатъ мегардад. Аз меваҳо маҳсулоти хушк, ба монанди зардолуи хушк, мавиз ва қоқ истехсол мекунад.

5. Консерваторӣ - меваҳо ба шакли мураббо, шарбат, компот ва дигар маҳсулоти консервшуда коркард мешаванд.

6. Яхкунӣ - меваҳо дар ҳарорати паст (одатан –18°C) нигоҳ дошта мешаванд, ки имкон медиҳад сифати онҳо барои муддати дароз ҳифз гардад [6].

Ҳарорати нигоҳдорӣ вобаста ба навъи мева фарқ мекунад. Риояи ҳарорати мувофиқ барои нигоҳ доштани сифат, таъм ва арзиши ғизоии меваҳо аҳамияти калон дорад.

Ҷадвали 1.

Ҳарорати нигоҳдории меваҳо дар анборҳо ва намнокии нисбии нигоҳдории онҳо

Номи мева	Ҳарорати нигоҳдорӣ (°C)	Намӣи нисбӣ (%)
Себ	0 то +4	90–95
Нок	-1 то 0	90–95
Ангур	-1 то 0	90–95
Бихӣ	0 то +2	85–90
Шафтолу	0 то +1	90–95
Зардолу	0 то +1	90–95
Олу	0 то +1	90–95
Гелос	-1 то 0	90–95
Анор	+4 то +6	85–90
Лимӯ	+8 то +10	85–90
Афлесун	+3 то +8	85–90
Мандарин	+4 то +7	85–90
Банан	+13 то +14	85–90

Сарчашма: Колтунов В.А. *Технология хранения плодов, овощей и продуктов их переработки.* – Москва: Дашков и К°, 2020. – 400 с.

Пеш аз ҳаҷми истеҳсол ва содироти меваҳои вилояти Суғдро таҳлил намудан, бояд баъзе этапҳои муосири инкишофи ин минтақаро таҳлил намудан лозим мебошад.

Масоҳати вилояти Суғд 26,1 ҳазор км² – ро ташкил медиҳад, ки асосан аз куҳҳо иборат мебошад. Дар ҳудуди вилоят аз шимол доманакуҳҳои Курама ва Муғул, аз ҷануб доманакуҳҳои Туркестон ва Зарафшон ҷойгир шудааст. Вилояти Суғд асосан бо вилоятҳои Фарғона, Наманган, Тошкент, Сирдарё, Қиззах, Самарқанд, Қашқадарё ва Сурхандарёи Ҷумҳурии Ўзбекистон ва вилояти Баткенти Ҷумҳурии Қирғизстон ҳамсарҳад мебошад. Маркази административии вилоят шаҳри Хучанд мебошад. Миқдори аҳоли бо ҳисоби миёна ҳар сол 1,5 – 2 маротиба афзоишро нишон медиҳад.

Аз рӯи маълумоти омӯӣ дар ҳудуди вилоят 464 корхонаҳои саноати мавҷуд буда, зиёда 19 ҶОИ саноати ҷумҳуриро ташкил медиҳад. Ба ғайр аз саноати вилоят боз соҳаи хоҷагии қишлоқи вилояти Суғд, яки ҳиссаҳои калони ҷумҳуриро ташкил медиҳад, ки дар ҳудуди вилояти Суғд ҳамаи соҳаҳои хоҷагии қишлоқ ривҷ ва равнақ ёфта истодааст. Қисми асосии заминҳои қорами вилояти Суғдро қиштии нах пахта, ғалла ва дигар маҳсулоти полизӣ ва меваҳо ташкил медиҳад. Аз даврҳои қадим истеҳсоли меваҳои тару тоза дар ин ҳудуд мавҷуд буд, ки меваҳои вилояти Суғд ниҳоят серғизо, бозеб ва хуштам мебошад. Аз ҳамин сабаб меваҳои минтақаи Суғд нафақат дар бозорҳои дохилию – ҳамсоягӣ, балки дар бозорҳои ҷаҳонии хориҷи дур рақобатпазирии худро нигоҳ дошта истодааст.

Иқлими минтақаи Суғд барои ҳамаи меваҳо (ба ғайр аз баъзе меваҳои ситрусӣ) мувофиқ мебошад. Аз ҳамин сабаб дар солҳои охир барои бо ҳаҷми зиёд истеҳсол намудани меваҳои тару – тозаи серғизо бисёр чораҳо барои барпо намудани боғҳои нави меваҳо андешида шуда истодааст. Дар ҷадвали 2 масоҳати боғҳои меваҳо дар ҳудуди вилояти Суғд оварда шудааст, ки бузургии ин масоҳатҳо ҳаҷми истеҳсоли меваҳои тару тозаро аниқ мекунад.

Ҷадвали 2.

Динамикаи бузургии масоҳати боғҳои мева дар ҳудуди вилояти Суғд

	2020	2021	2022	2023	2024
Ҳаҷми масоҳати майдонҳои мева дар в. Суғд бо ҳазор гектар	68,1	71	70,2	71,4	66,1

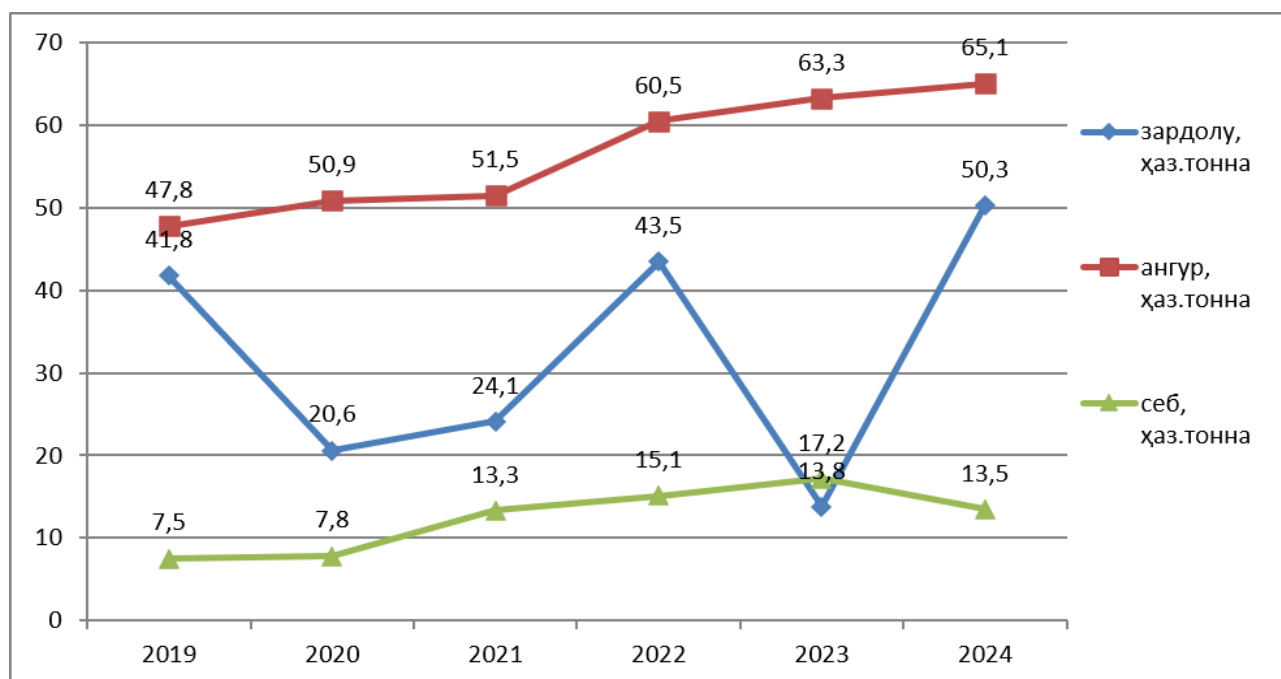
Сарчашма: Сарраёсати Агентии омӯӣ назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон дар вилояти Суғд.

Таҳлили маълумоти омӯӣ (ҷадвали 2) нишон медиҳад, ки бо супориши ҳукумати давлат барои аз нав барпо кардани боғҳои нави меваҳо (боғи ниҳолҳои ёш) чораҳо андешида шудааст. Аз ҳамин сабаб баъди соли 2023 масоҳати боғҳо дар ҳудуди вилоят кам шудааст, ки қисми зиёди боғҳо барои нав кардани онҳо бо ниҳолҳои ёш мусоидат мекунад.

Масоҳати замини боғҳои меваҳои гуногун дар ҳудуди вилояти Суғд аввалин омили таъсиркунада ба ҳаҷми истеҳсоли меваҳо мебошад. Қисми зиёди меваҳои истеҳсолшудаи вилояти Суғдро меваҳои ангур, зардолу, себ, нок, шафтолу ва дигар меваҳо ташкил медиҳад, ки дар расми 1 динамикаи истеҳсоли меваҳои вилояти Суғд оварда шудааст.

Дар ҳудуди вилояти Суғд ҳаҷми истеҳсоли меваҳо дар умум зиёд шуда истодааст. Аз он ҷумла истеҳсоли меваи ангур ва себ сол ба сол зиёдшавиро нишон медиҳад. Ҳаҷми истеҳсоли меваи зардолу низ сол то сол зиёд шуда истодааст, лекин ҳаҷми истеҳсоли ин мева нафақат аз масоҳати он вобаста, балки аз шароити боду ҳавои сол низ вобастагии калон дорад. Аз ҳамин сабаб қилибанияи ҳатти истеҳсоли меваи зардолу фарқияти зиёдро нишон дода истодааст. Дар

умум вилояти Суғд дар соли 2024 зиёда аз 128,9 ҳазор тонна меваҳои гуногуни тару тозаро истеҳсол намудааст ва дар бозорҳои дохилию – берунӣ ба фуруш бароварда шудааст.



Расми 1. Динамикаи ҳаҷми истеҳсоли баъзе меваҳои вилояти Суғд

Қисми зиёди мваҳои истеҳсолшудаи вилояти Суғд асосан бе ягон коркард ба фуруш бароварда мешавад. Як қсми муайяни он барои хушкунӣ ё барои консервакунӣ во меҳурад. Меваҳои хушкардашуда ҳам низ барои таъминоти дохила ва барои бозорҳои хориҷа сарф карда мешавад. Асосан бо воситаи коркардкунӣ, яъне хушккардашуда содиротшаванда мева ин – зардолу мебошад, лекин ин мева ҳамчун тару тоза низ ба давлатҳои хориҷа содирот карда мешавад.

Борҳои содиротии вилояти Суғдро асосан борҳои нахи пахта, канданиҳои фойданок, маҳсулоти хоҷагии қишлоқи сабзавот ва меваҳои гуногуни тару тоза ташкил медиҳад. Баъзе меваҳои дар вилоят истеҳсолшуда аз сабаби зиёд истеҳсол шудан, ба давлатҳои хориҷа содирот карда мешавад. Содироти ҳамаи намудҳои борҳо ба иқтисодиёти вилоят ва ҷумҳурий хеле муфид мебошад, ки бо зиёдшавии ҳаҷми содирот иқтисодиёт низ зиёд мешавад. Аз ҳамин сабаб баланд бардоштани ҳаҷми содирот яки аз масъалаҳои муҳим барои баланд бардоштани иқтисодиёти мамлакат ба ҳисоб меравад.

Содироти меваҳои тару – тоза, сабзавотҳо ва умуман маҳсулоти хоҷагии қишлоқ яки аз хусусиятҳои калидии баланд бардоштани иқтисодиёти вилоят ба ҳисоб меравад. Аз ҳамин сабаб таҳлил ва баланд бардоштани ҳаҷми содироти меваҳои тару тоза дар вилояти Суғд актуал масъала ба ҳисоб меравад. Дар ҷадвали 3 динамикаи ҳаҷми содироти меваҳои гуногуни вилояти Суғд ба давлатҳои хориҷаи ҷаҳон оварда шудааст.

Аз рӯи маълумоти “Ҳадамоти минтақавии гумрук дар вилояти Суғд” (ҷадвали 3) хулоса кардан мумкин аст, ки ҳамкорони асосии вилояти Суғд дар содироти меваҳои тару тоза давлатҳои Қозоқистон, Россия, Белоруссия, Эрон, Ироқ ва дигар давлатҳои ҷаҳон мебошад. Ҳаҷми умумии содироти меваҳои тару тоза дар вилоят тенденсияи пастшавиро нишон медиҳад. Дар соли 2021 бузургии ҳаҷми содироти меваҳои тару тоза 2217 ҳазор доллари ИМА-ро ташкил дода бошад, дар соли 2024 ин нишондиханда зиёда 1530 ҳазор доллори ИМА-ро ташкил медиҳад, яъне дар соли 2024 нисбат ба соли 2021 қариб 30 фоиз кам меваҳои тару тоза содирот карда шудааст.

Динамикаи содироти меваҳои тару тоза дар вилояти Суғд, ҳазор доллори ИМА

Давлатҳои ҳамкор дар фуруши меваҳо	Солҳои тадқиқотӣ			
	2021	2022	2023	2024
Ҷумҳурии Қазоқистон	1867,8	1546,8	800,2	416,8
Федератсияи Руссия	15,8	6,8	50,3	366,4
Ҷумҳурии Белоруссия	4,3	4,6	2,9	1,7
Ҷумҳурии Эрон	105,9	235,1	19,4	115
Ҷумҳурии Ироқ	-	-	-	620
Дигар	224	74	175	10
Ҷамағӣ	2217	1793,3	1047	1530

Сарчашма: Статистический ежегодник. Агентства по статистике при Президенте Республики Таджикистан в Согдийской области. Худжанд: 2024. 342с

Ҳамин тариқ, ҳаҷми истеҳсоли меваҳои тару тоза дар ҳудуди вилояти Суғд таҳлил карда шуд, ки ин бузурги сол ба сол ҳаҷмҳои гуногунро нишон медиҳад. Содироти он низ колебаниҳои гуногунро дар 5 соли охир нишон медиҳад, ки ҳамкорони асосии вилояти Суғд дар содироти меваҳои тару тоза давлатҳои Қазоқистон, Руссия, Белоруссия ва дигар баъзе давлатҳо мебошад. Ҳаҷми содироти меваҳои тару тоза дар 5 соли охир ба ҳамаи ин давлатҳои ҳамкор кам шудааст.

Тавсия. Барои мақолаи шумо таҳти унвони «Технологияи нигоҳдории меваҷот дар вилояти Суғд ва роҳҳои баланд бардоштани содироти онҳо» чунин тавсияҳоро метавон дар қисми охири мақола ё хулоса ҷой дод:

1. **Васеъ намудани шабакаи сардхонаҳо** - дар ноҳияҳои асосии истеҳсолкунандаи мева сардхонаҳои замонавӣ бунёд карда шаванд. Иқтисодии нигоҳдории маҳсулот зиёд карда шавад, то талафоти баъди ҷамъоварӣ кам гардад.

2. **Ҷорӣ намудани технологияҳои муосири нигоҳдорӣ** - истифодаи муҳити газии танзимшаванда (Controlled Atmosphere Storage) барои нигоҳдории дарозмуддати себ, нок ва ангур. Таҷҳизонидани анборҳо бо системаҳои автомати назорати ҳарорат ва намнокӣ.

3. **Баланд бардоштани сифати маҳсулоти содиротӣ** - ҷорӣ намудани стандартҳои байналмилалӣ сифат ва беҳатарии озукаворӣ. Беҳтар намудани бастабандӣ ва тамғагузории маҳсулот мутобиқ ба талаботи бозорҳои хориҷӣ.

4. **Рушди саноати коркарди мева** - афзоиш додани истеҳсоли меваҳои хушк, афшураҳо, консервҳо ва дигар маҳсулоти коркардшуда. Ташкили корхонаҳои нави коркарди маҳсулоти кишоварзӣ дар минтақа.

5. **Такмили низоми логистика ва нақлиёт** - беҳтар намудани инфрасохтори нақлиётӣ барои интиқоли босуръати меваҳо ба бозорҳои дохилӣ ва хориҷӣ. Рушди занҷири хуноки интиқол (Cold Chain) аз истеҳсолкунанда то истеъмолкунанда.

6. **Густариши бозорҳои содиротӣ** - Ҷустуҷӯи бозорҳои нави фуруш дар кишварҳои Осиё, Ховари Миёна ва Аврупо. Иштироки фаъол дар намоишгоҳҳо ва ярмаркаҳои байналмилалӣ.

7. **Дастгирии давлатии истеҳсолкунандагон** - Пешниҳоди қарзҳои имтиёзнок барои сохтмони анборҳо ва сардхонаҳо. Дастгирии молиявӣ соҳибкорон ва хоҷагиҳои деҳқонӣ барои ворид намудани технологияҳои нав.

ХУЛОСА

Дар мақолаи мазкур масъалаҳои технологияи нигохдории меваҷот дар вилояти Суғд ва таъсири он ба рушди содироти маҳсулоти кишоварзӣ мавриди таҳлил қарор дода шуданд. Таҳқиқот нишон дод, ки вилояти Суғд дорои шароити мусоиди иқлимӣ ва захираҳои кофӣ барои истеҳсоли меваҳои рақобатпазир буда, истеҳсоли себ, ангур, зардолу, нок ва дигар меваҳо сол аз сол рушд меёбад. Бо вучуди ин, қисми муайяни ҳосил аз сабаби норасоии иқтидорҳои нигохдорӣ, истифодаи нокифояи технологияҳои муосир ва мушкилоти логистикӣ талаф меёбад.

Таҳлилҳо нишон доданд, ки истифодаи сардхонаҳо, муҳити газии танзимшаванда, хушккунӣ ва дигар усулҳои нигохдорӣ барои нигоҳ доштани сифат ва дароз намудани муҳлати нигохдории меваҳо аҳамияти калон доранд. Инчунин муайян гардид, ки сарфи назар аз афзоиши ҳаҷми истеҳсоли меваҳо, нишондиҳандаҳои содирот дар солҳои охир тамоюли коҳишбӣ доранд, ки ин зарурати такмили низоми нигохдорӣ, коркард ва интиқоли маҳсулотро ба миён меорад.

Барои баланд бардоштани ҳаҷми содирот ва рақобатпазирии меваҳои вилояти Суғд зарур аст, ки шабакаи сардхонаҳои муосир васеъ карда шуда, технологияҳои пешрафтаи нигохдорӣ ҷорӣ гарданд, сифати бастабандӣ ва коркарди маҳсулот беҳтар карда шавад ва бозорҳои нави содиротӣ ҷустуҷӯ ва азхуд карда шаванд.

Ҳамин тариқ, рушди технологияҳои нигохдории меваҷот яке аз омилҳои асосии коҳиш додани талафоти маҳсулот, баланд бардоштани сифати меваҳои содиротӣ ва таъмин намудани рушди устувори иқтисодии вилояти Суғд ва Ҷумҳурии Тоҷикистон ба ҳисоб меравад.

Адабиёт:

1. Давлатов С. Технологияи нигохдорӣ ва коркарди маҳсулоти кишоварзӣ. – Душанбе: Ирфон, 2020. – 280 с.
2. Вазорати кишоварзии Ҷумҳурии Тоҷикистон. Барномаи рушди боғу тоқпарварӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон. – Душанбе, 2021.
3. Агентии омили назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. Маҷмӯаи омили вилояти Суғд. – Хучанд, 2024.
4. Агентии омили назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. Солномаи омили Ҷумҳурии Тоҷикистон. – Душанбе, 2024.
5. Маҷаллаи илмӣ «Кишоварз». Мақолаҳои солҳои 2020–2025 оид ба боғдорӣ, нигохдорӣ ва содироти маҳсулоти кишоварзӣ.
6. Николаева М.А. Хранение плодов и овощей. – Москва: Академия, 2018. – 256 с.
7. Колтунов В.А. Технология хранения плодов, овощей и продуктов их переработки. – Москва: Дашков и К°, 2020. – 400 с.
8. Боровик В.С. Технология хранения и переработки продукции растениеводства. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 624 с.
9. Трисвятский Л.А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. – Москва: Агропромиздат, 2016. – 415 с.
10. Журнал «Хранение и переработка сельхозсырья». – Москва, солҳои 2020–2025.
11. Материалы Таможенной службы Республики Таджикистан по экспорту сельскохозяйственной продукции. – Душанбе, 2024.
12. Қонуни Ҷумҳурии Тоҷикистон «Дар бораи дастгирии давлатии соҳаи кишоварзӣ».

13. Стандартҳои давлатии Ҷумҳурии Тоҷикистон оид ба нигоҳдорӣ ва интиқоли маҳсулоти кишоварзӣ.

14. Барномаи давлатии рушди комплекси агросаноатии Ҷумҳурии Тоҷикистон.

Муқарриз: н.и.х., дотсент Абдуллоева М.

Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

ТЕХНОЛОГИЯ ХРАНЕНИЯ ФРУКТОВ В СОГДИЙСКОЙ ОБЛАСТИ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКСПОРТА

В данной статье рассматриваются вопросы технологии хранения фруктов в Согдийской области и её роль в повышении экспортного потенциала региона. Проанализированы основные факторы, влияющие на качество хранения фруктов, включая температурный режим, влажность воздуха, газовый состав среды, санитарное состояние хранилищ и степень зрелости продукции. Рассмотрены современные методы хранения, такие как использование холодильных камер, хранение в регулируемой газовой среде, сушка, консервирование и замораживание.

На основе статистических данных проведён анализ динамики площадей плодовых садов, объёмов производства и экспорта фруктов в Согдийской области. Результаты исследования показывают, что Согдийская область обладает значительным потенциалом для производства и экспорта конкурентоспособной плодово-ягодной продукции. Вместе с тем недостаточное развитие инфраструктуры хранения, ограниченные мощности холодильных комплексов и логистические проблемы оказывают негативное влияние на дальнейшее развитие отрасли.

В статье предложены практические рекомендации по снижению потерь продукции, повышению качества экспортируемых фруктов и увеличению объёмов экспорта. Внедрение современных технологий хранения, совершенствование логистической инфраструктуры и развитие перерабатывающих мощностей способны повысить экономическую эффективность отрасли и обеспечить устойчивое развитие экспорта сельскохозяйственной продукции Согдийской области.

Ключевые слова: фрукты, технологии хранения, холодильные камеры, температурный режим хранения, экспорт, Согдийская область, сельскохозяйственная продукция, логистика, качество продукции, конкурентоспособность, динамика производства, динамика экспорта.

FRUIT STORAGE TECHNOLOGY IN THE SUGHD REGION AND WAYS TO INCREASE THEIR EXPORTS

This article examines the technology of fruit storage in the Sughd Region and its role in enhancing the export potential of the region. The main factors affecting the quality of fruit storage, including temperature conditions, air humidity, gas composition, sanitary conditions of storage facilities, and the degree of fruit maturity, are analyzed. Modern storage methods such as cold storage, controlled atmosphere storage, drying, canning, and freezing are also discussed.

Based on statistical data, the study analyzes the dynamics of orchard areas, fruit production volumes, and fruit exports in the Sughd Region. The research findings indicate that the Sughd Region possesses significant potential for the production and export of competitive fruit products. However, the insufficient development of storage infrastructure, limited cold-storage capacities, and logistical challenges negatively affect the further growth of the sector.

The article proposes practical recommendations aimed at reducing post-harvest losses, improving the quality of exported fruits, and increasing export volumes. The implementation of modern storage technologies, improvement of logistics infrastructure, and expansion of fruit-processing capacities can enhance the economic efficiency of the sector and contribute to the sustainable development of agricultural exports in the Sughd Region.

Keywords: fruits, storage technologies, cold storage facilities, storage temperature, export, Sughd Region, agricultural products, logistics, product quality, competitiveness, production dynamics, export dynamics.

Маълумот дар бораи муаллиф:

Бобоев Музаффар Мухиддинович – муаллими калони кафедраи автомобилҳо ва идоракунии дар нақлиёт, Донишкадаи политехникии Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи М.С. Осимӣ дар шаҳри Хучанд. e-Mail: muzaffar-bm@mail.ru. ORCID: 0009-0008-3352-4464.

Сведения об авторе:

Бобоев Музаффар Мухиддинович – старший преподаватель кафедры автомобилей и управление на транспорте, Политехнический институт Таджикского технического университета имени М.С. Осими в городе Худжанд. e-Mail: muzaffar-bm@mail.ru. ORCID: 0009-0008-3352-4464.

Information about the author:

Boboev Muzaffar Muhiddinovich – senior lecturer at the department of automobiles and transport management, Khujand Polytechnic Institute of the academician M.S. Osimi Tajik Technical University. e-Mail: muzaffar-bm@mail.ru. ORCID: 0009-0008-3352-4464.



УДК 677.017.3:620.22/01

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

¹Мамаджанова С.А., ¹Ташпулатов С.Ш., ²Эгамова Д.Б., ²Олимбойзода П.А.

¹Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

²Технологический университет Таджикистана

В статье представлен анализ современных научно-технологических подходов к созданию антибактериальных и многофункциональных текстильных материалов с использованием достижений нанотехнологии. Рассмотрены способы модификации хлопчатобумажных и шелковых тканей наночастицами оксида цинка (ZnO), серебра (Ag), меди (Cu) и золота (Au), а также гибридными микро- и наноструктурированными системами. Показано, что нанесение функциональных нанокомпонентов на поверхность текстильных материалов позволяет придавать им комплекс новых свойств, включая выраженную антибактериальную активность, фотозащитные характеристики, электропроводность, водоотталкивающую способность и супергидрофобность. Особое внимание уделено

результатам экспериментальных исследований эффективности модифицированных тканей в отношении *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans*. Отмечено, что оптимально сформированные нанопокрывтия способны сохранять функциональную активность после многократных циклов стирки, что является важным показателем эксплуатационной устойчивости текстильных материалов. Рассмотрена роль биополимеров, в частности хитозана и полидофамина, в закреплении наночастиц на волокнистом субстрате и повышении биосовместимости материалов. Проанализированы возможности применения природных восстановителей и стабилизаторов, включая экстракт семян фиников, позволяющих снизить использование токсичных химических реагентов. Установлено, что сочетание наночастиц металлов, биополимеров и экологически безопасных методов обработки является перспективным направлением разработки функционального текстиля нового поколения. Полученные материалы могут найти применение в медицинских перевязочных средствах, санитарно-гигиенических изделиях, защитной и специальной одежде, фильтрующих материалах, а также в системах «умного текстиля».

Ключевые слова: Антибактериальные ткани, наночастицы ZnO, серебряные наночастицы, медные наночастицы, золотые наночастицы, хитозан, полидофамин, гибридные микросферы, многофункциональные текстильные материалы, супергидрофобность, электропроводимость, медицинский текстиль, умный текстиль, экологически чистые методы.

Введение. Разработка антибактериальных и многофункциональных текстильных материалов является одним из актуальных направлений современной науки и промышленности. Рост числа внутрибольничных инфекций, а также широкое использование текстиля в медицинской практике и защитной одежде требуют создания материалов, обладающих долговечными и безопасными антибактериальными свойствами. Традиционные методы обработки тканей зачастую не обеспечивают устойчивости покрытия при эксплуатации и многократных стирках, что ограничивает их практическое применение.

Современные нанотехнологические подходы позволяют значительно расширить функциональные возможности текстильных материалов. Использование наночастиц металлов и их оксидов (ZnO, Ag, Cu, Au) в комбинации с биополимерами (хитозан, полидофамин) обеспечивает синергетический эффект, усиливающий антибактериальную активность и долговечность покрытия. Кроме того, такие материалы могут приобретать дополнительные свойства – супергидрофобность, электропроводимость, фотозащиту и устойчивость к агрессивным условиям эксплуатации.

Особое внимание уделяется экологически чистым методам синтеза, основанным на использовании природных стабилизаторов и биосовместимых компонентов. Такой подход не только снижает экологическую нагрузку, но и обеспечивает безопасность материалов для человека.

Таким образом, создание многофункциональных текстильных материалов на основе нанотехнологий открывает широкие перспективы для их применения в медицине, защитной одежде и сфере умного текстиля. Настоящая работа посвящена анализу современных методов модификации тканей и оценке их эффективности в обеспечении долговечного антибактериального эффекта и дополнительных функциональных свойств.

Методы. В рамках обзора рассмотрены различные нанотехнологические подходы к модификации хлопковых и шелковых тканей для придания им антибактериальных и многофункциональных свойств.

Сонохимический и энзиматический процесс. Одновременное применение ультразвука и фермента целлюлазы для закрепления наночастиц ZnO на поверхности хлопковых волокон.

Серебряные наночастицы и полидофамин. Использование промежуточного слоя PDA и гидрофобных полимеров (PDMS, PI) для создания тканей с супергидрофобностью и электромагнитным экранированием.

Композитные наногели. Применение кватернизированного хитозана и AgNPs, синтезированных в миниэмульсиях, для долговечных антибактериальных покрытий.

Гибридные микросферы Ag@CFR. Метод «one-pot» гидротермального синтеза для получения прочных антибактериальных тканей с низкой цитотоксичностью.

Многокомпонентные наночастицы. Совместное формирование AgNPs, CuNPs и ZnONPs в структуре хлопковых волокон с использованием PMC и FPEI.

In situ синтез Cu₂O. Быстрое формирование наночастиц Cu₂O на поверхности волокон в системе PDMS с глюкозой как восстановителем.

Золотые наночастицы и антибиотики. Синтез AuNPs на шелковой ткани с последующей обработкой гентамицином для усиления антибактериального эффекта.

ZnO нанопроводы. Использование пьезоэлектрического эффекта и механического взаимодействия для инактивации бактерий.

Экологически чистый синтез ZnO-NPs. Применение биоэкстракта семян фиников для стабилизации и равномерного распределения наночастиц ZnO.

Таким образом, методы включают широкий спектр решений – от физических и биокаталитических процессов до экологически чистых биосинтезов. Это обеспечивает долговечность антибактериального эффекта, биосовместимость и multifunctionality текстильных материалов.

Анализ и результаты исследования. В работе Petkova и соавторов предложен инновационный метод получения медицинских текстильных материалов с устойчивыми антибактериальными свойствами. Авторы объединили сонохимическую обработку и ферментативную активацию в единый процесс, что позволило упростить технологию и сделать её более привлекательной для промышленного применения.

Экспериментальные данные показали, что использование фермента целлюлазы обеспечивает более прочное закрепление наночастиц ZnO на поверхности волокон. Благодаря этому покрытия сохраняли устойчивость даже после многократных стирок, что особенно важно для условий больничных прачечных. Так, после десяти циклов стирки оставалось около 33% наночастиц, тогда как при применении денатурированного фермента – лишь 5%. Это подтверждает ключевую роль ферментативной активации в долговечности антибактериального эффекта.

Испытания также выявили высокую эффективность полученных материалов: обработанные ткани подавляли рост *Staphylococcus aureus* на 67% и полностью ингибировали развитие *Escherichia coli*. При этом даже после многократных стирок сохранялась значительная часть активности против микроорганизмов. Важно отметить, что оксид цинка является биологически безопасным для человека и не изменяет цвет ткани, что делает его особенно подходящим для медицинских изделий – бинтов, простыней, униформы и других материалов, используемых в клиниках.

Следовательно, совмещение физических и биокаталитических методов обработки тканей можно рассматривать как перспективное направление. Одновременное применение ультразвука и ферментов ускоряет процесс, обеспечивает равномерное распределение наночастиц и повышает долговечность антибактериального эффекта. Такой подход открывает путь к созданию нового поколения медицинских текстильных материалов, способных снижать риск внутрибольничных инфекций и отвечать требованиям практического применения [1].

В другом исследовании внимание было сосредоточено на создании многофункциональных хлопковых нетканых тканей, сочетающих антибактериальные, супергидрофобные и экранирующие свойства. Для модификации использовались серебряные наночастицы в комбинации с полидофамином и гидрофобными полимерами (PDMS или PI). Полидофамин выполнял роль промежуточного слоя, обеспечивая прочное сцепление волокон хлопка с наночастицами серебра и предотвращая их отслаивание при эксплуатации.

Полученные материалы продемонстрировали высокую электропроводимость (~1000 S/см) и эффективность электромагнитного экранирования до 112 дБ, что делает их перспективными для защиты от электромагнитных помех – актуальной проблемы в условиях широкого использования электронных устройств. Дополнительно ткани проявили супергидрофобные свойства (угол контакта более 150°), обеспечивавшие устойчивость к кислотно-щелочной коррозии и самоочищающуюся способность.

Антибактериальные испытания подтвердили значительное подавление роста *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Таким образом, разработанные материалы совмещают сразу несколько функций: защиту от микроорганизмов, устойчивость к агрессивным условиям эксплуатации и экранирование от электромагнитных волн. Это делает их особенно ценными для применения в медицинских и защитных текстильных изделиях, а также в носимой электронике.

Следует подчеркнуть, что использование серебряных наночастиц в сочетании с полимерными покрытиями открывает путь к созданию нового поколения многофункциональных тканей. Такой подход позволяет объединить антибактериальные свойства, долговечность и технические характеристики, что расширяет возможности их промышленного внедрения [2].

В следующем исследовании был предложен новый метод получения хлопчатобумажных тканей с долговечными антибактериальными свойствами на основе композитных наногелей. Для модификации использовался кватернизированный хитозан в сочетании с серебряными наночастицами, синтезированными в обратных миниэмульсиях. Такой подход позволил сформировать устойчивые покрытия, прочно закрепляющиеся на поверхности волокон и сохраняющие активность даже после многократных стирок.

Экспериментальные испытания показали, что обработанные ткани обладают высокой эффективностью против *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Благодаря применению хитозана, отличающегося биосовместимостью и способностью связывать наночастицы, удалось достичь равномерного распределения AgNPs и предотвратить их агрегацию. Это обеспечило долговечность антибактериального эффекта и стабильность покрытия.

Особый интерес представляет механизм действия наногелей: кватернизированный хитозан усиливает адгезию к волокнам и одновременно проявляет собственные антимикробные свойства, а серебряные наночастицы обеспечивают выраженное бактерицидное действие. Такое сочетание органического полимера и неорганических наночастиц создаёт синергетический эффект, значительно повышающий эффективность обработки тканей.

Следовательно, использование биополимеров в комбинации с наночастицами металлов можно рассматривать как перспективное направление для создания долговечных антибактериальных текстильных материалов. Подход на основе наногелей открывает возможности для производства медицинских тканей, защитной одежды и других изделий, где требуется сочетание прочности, биосовместимости и устойчивого антибактериального эффекта [3].

В последующем исследовании был предложен новый подход к созданию прочных антибактериальных хлопковых тканей с использованием гибридных микросфер на основе

серебра и катехол-формальдегидной смолы (Ag@CFR). Метод «one-pot» гидротермального синтеза позволил катехолу, гексаметилентетрамину и солям серебра взаимодействовать таким образом, что образовывались микросферы, содержащие наночастицы серебра как на поверхности, так и внутри структуры. Такой дизайн обеспечил равномерное распределение частиц и высокую антимикробную активность покрытия.

Испытания показали, что ткани с модификацией Ag@CFR демонстрируют выраженное бактерицидное и фунгицидное действие против *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans*. Причём эффективность сохранялась даже после 50 циклов стирки, что свидетельствует о прочности покрытия и его устойчивости к эксплуатации. Дополнительным преимуществом стала низкая цитотоксичность для клеток млекопитающих, благодаря чему материалы можно считать безопасными для медицинского применения.

Помимо антибактериальных свойств, ткани сохраняли хорошие механические характеристики, воздухопроницаемость и комфорт при носке. Авторы подчёркивают, что использование катехол-формальдегидной смолы как альтернативы дорогостоящему полидофамину обеспечивает экономическую эффективность и возможность масштабного производства.

Следовательно, предложенный метод сочетает простоту, низкую стоимость и высокую функциональность. Применение гибридных микросфер Ag@CFR открывает перспективы для создания нового поколения медицинских и защитных текстильных материалов, объединяющих долговечность антибактериального эффекта, устойчивость к многократным стиркам и сохранение эксплуатационных свойств ткани. Всё это делает технологию привлекательной для промышленного внедрения [4].

Дальнейшие исследования были направлены на создание multifunctionальной хлопковой ткани, модифицированной трёхкомпонентными наночастицами – серебра (AgNPs), меди (CuNPs) и оксида цинка (ZnONPs). Авторы предложили экономичный и эффективный метод обработки, при котором все три вида наночастиц формируются и стабилизируются непосредственно в структуре волокон в одной технологической ванне. Для этого применялись полиметилольные соединения (PMC) и функционализированный полиэтиленимин (FPEI), выполнявшие роль восстановителей и стабилизаторов.

Экспериментальные испытания подтвердили, что такие ткани приобретают сразу несколько полезных характеристик: выраженную антибактериальную активность, высокую электропроводимость и устойчивость к ультрафиолетовому излучению. Причём антибактериальные свойства сохранялись даже после двадцати циклов стирки, что свидетельствует о прочности закрепления наночастиц в структуре материала. Дополнительно УФ-спектры показали успешный синтез наночастиц серебра и их стабильность при взаимодействии с полимерными связующими.

Особое значение в работе придаётся роли меди и оксида цинка. Наночастицы меди усилили проводимость ткани, открывая перспективы её применения в «умном текстиле» и носимой электронике. ZnONPs, в свою очередь, обеспечили дополнительную устойчивость к внешним воздействиям и придали материалу фотозащитные свойства.

Таким образом, сочетание трёх компонентов позволило создать ткань с уникальным набором характеристик, которые редко встречаются одновременно. Использование многокомпонентных наночастиц можно рассматривать как перспективное направление для разработки нового поколения хлопковых тканей, объединяющих антибактериальные свойства, фотозащиту и проводимость. Это делает материал ценным для медицинских изделий, защитной одежды и текстиля специального назначения [5].

Ещё одним направлением исследований стало создание функционального хлопкового текстиля с широким спектром антибактериальной активности на основе наночастиц закиси меди (Cu_2O). Для модификации был предложен метод быстрого *in situ* синтеза, при котором частицы Cu_2O формируются непосредственно на поверхности хлопковых волокон в органической системе полидиметилсилоксана с использованием глюкозы как восстановителя. Такой подход позволил получить плотное покрытие всего за 15 секунд, что делает технологию особенно привлекательной для промышленного применения.

Экспериментальные испытания подтвердили, что обработанные ткани проявляют высокую антибактериальную активность как против грамотрицательных (*E. coli*, *P. aeruginosa*), так и против грамположительных бактерий (*S. aureus*, *B. subtilis*). Таким образом, материал обеспечивает широкоспектральную защиту, сохраняя при этом воздухопроницаемость и комфортные свойства, что делает его пригодным для практического использования в медицинских и гигиенических изделиях.

Особое значение придаётся преимуществам Cu_2O как антибактериального материала. Он является экологически безопасным полупроводником p-типа, отличается низкой стоимостью и высокой фотохимической активностью. Благодаря этим характеристикам Cu_2O эффективно подавляет рост микроорганизмов без значительной токсичности для человека. Кроме того, предложенный метод позволяет избежать сложных и энергозатратных процедур, характерных для традиционных способов синтеза наночастиц.

Следовательно, быстрый *in situ* синтез Cu_2O можно рассматривать как перспективное направление для создания нового поколения функциональных хлопковых тканей. Такой подход сочетает простоту, скорость и эффективность, обеспечивая долговечный антибактериальный эффект и открывая широкие возможности применения в медицине, гигиене и защитной одежде [6].

Следующий этап исследований был связан с созданием инновационных перевязочных материалов для лечения ран, позволяющих снизить дозировку антибиотиков за счёт применения золотых наночастиц (AuNPs). Для модификации использовался метод *in situ* синтеза, при котором частицы AuNPs формировались непосредственно на поверхности шелковой ткани. Серицин, содержащийся в волокнах, выполнял роль восстановителя для прекурсора HAuCl_4 , после чего ткань дополнительно обрабатывалась гентамицином сульфатом (GM), образуя комплекс SF@Au/GM. Такой подход обеспечил значительное усиление антибактериальной активности при меньшем количестве антибиотика.

Экспериментальные исследования подтвердили, что ткани SF@Au/GM обладают высокой биосовместимостью и эффективностью против патогенных микроорганизмов. Испытания на животных показали ускоренное заживление ран по сравнению с коммерческим продуктом Aquasol Ag®. Уже на пятнадцатый день наблюдалось активное формирование эпидермиса и рост клеточных структур, что свидетельствует о высоком потенциале метода для клинического применения.

Особое внимание уделяется проблеме чрезмерного использования антибиотиков, приводящей к развитию устойчивых штаммов бактерий. Включение AuNPs позволило снизить необходимую дозировку гентамицина без потери эффективности, что делает данный подход перспективным с точки зрения снижения риска антибиотикорезистентности. При этом шелковая ткань выступает удобным и экологически чистым субстратом, сохраняя воздухопроницаемость и комфортные свойства.

Таким образом, использование золотых наночастиц для усиления действия антибиотиков в перевязочных материалах можно рассматривать как перспективное

направление. Предложенный метод отличается простотой, возможностью масштабного производства и экологической чистотой, открывая путь к созданию нового поколения биомедицинских текстильных изделий для терапии ран [7].

Одним из наиболее интересных направлений стало создание антибактериальных тканей нового поколения, основанных на синергии пьезоэлектрического эффекта и физического взаимодействия. Для этого были использованы массивы нанопроводов ZnO, выращенные на поверхности углеродных волокон. При изгибе такие наноструктуры генерируют интерфейсные электроны, которые передаются бактериям и нарушают их метаболизм. Дополнительно механическое воздействие – прокол клеточной мембраны нанопроводами – усиливает бактерицидный эффект.

Экспериментальные данные показали, что подобные ткани обладают выдающейся антибактериальной активностью против *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*. Уровень инактивации микроорганизмов достигал 99,99%, причём около 70% гибели связано с переносом электронов, а оставшиеся 30% – с механическим повреждением клеток. Даже после десяти циклов стирки сохранялась стерилизующая способность на уровне 97%, что свидетельствует о высокой долговечности покрытия.

Особенно важно отметить, что предложенный механизм не зависит от химического состава антибактериальных агентов. Это позволяет избежать проблем токсичности и развития устойчивости микроорганизмов, характерных для традиционных антибиотиков и серебряных наночастиц. В результате ткани на основе ZnO-нанопроводов можно рассматривать как экологически безопасное и эффективное решение для создания антибактериальной одежды.

Использование физических и электрохимических механизмов открывает новые возможности для разработки текстильных материалов, применимых в медицинской одежде, защитных костюмах и бытовом текстиле. Такой подход обеспечивает долговечную и надёжную антибактериальную защиту, что делает его перспективным для практического внедрения [8].

Завершающий блок исследований был направлен на разработку многофункциональных хлопковых тканей, обработанных наночастицами оксида цинка (ZnO-NPs), синтезированными *in situ* с использованием биоэкстракта из семян фиников. Такой экологически чистый и экономичный метод позволил использовать экстракт в качестве стабилизирующего агента, предотвращающего агрегацию наночастиц и обеспечивающего их равномерное распределение на поверхности волокон. Дополнительно он открывает возможность рационального применения сельскохозяйственных отходов для создания функциональных материалов.

Полученные образцы продемонстрировали выраженную антибактериальную активность и устойчивость к ультрафиолетовому излучению. Особенно эффективными оказались отбеленные и мерсеризованные хлопковые ткани, которые обеспечивали более прочное закрепление наночастиц и сохраняли свои свойства даже после многократных стирок.

Использование биоэкстракта имеет двойное преимущество: с одной стороны, оно снижает экологическую нагрузку за счёт переработки отходов, а с другой – обеспечивает биосовместимость и безопасность материалов. Благодаря фенолам и полисахаридам, содержащимся в экстракте, наночастицы ZnO сохраняют малый размер и высокую активность, что усиливает антибактериальные и фотозащитные свойства тканей.

Следовательно, применение природных стабилизаторов для синтеза наночастиц можно рассматривать как перспективное направление в создании многофункциональных текстильных материалов. Такой подход сочетает экологичность, экономичность и высокую

эффективность, открывая возможности для производства медицинских, защитных и бытовых тканей с долговечными антибактериальными и УФ-защитными свойствами [9].

В одном из исследований был предложен метод создания прочных антибактериальных хлопковых тканей, обработанных наночастицами оксида цинка (ZnO NPs), встроенными в биоадгезив на основе галловой кислоты (GA). Синтез проводился *in situ* при помощи фермента лакказы и ультразвука. Такой гибридный подход объединил преимущества сонохимического осаждения наночастиц и ферментативного образования полифенольного клея, что обеспечило надёжное закрепление ZnO на поверхности волокон.

Экспериментальные данные показали, что ткани сохраняли высокую антибактериальную эффективность даже после многократных стирок в условиях больницы прачечной. После двадцати циклов активность оставалась близкой к 100%, а после шестидесяти – выше 60%. Это значительно превосходит традиционные методы нанесения наночастиц, при которых антибактериальные свойства теряются уже после нескольких стирок. Таким образом, использование галловой кислоты как природного антибактериального агента и клеящего компонента усилило долговечность покрытия.

Механизм действия основывается на синергии ZnO NPs и GA: наночастицы генерируют активные формы кислорода (ROS), повреждающие клеточные мембраны и ДНК бактерий, а галловая кислота взаимодействует с пептидогликановым слоем клеточной стенки, повышая чувствительность микроорганизмов. Такой мультимодальный эффект обеспечивает надёжное подавление роста *Staphylococcus aureus* и других патогенов.

Дополнительным преимуществом является биосовместимость тканей: тесты показали отсутствие токсичности для человеческих клеток даже при длительном контакте. Это делает разработанный метод перспективным для создания медицинских текстильных материалов – халатов, простыней и перевязочных средств, которые сочетают долговечность, эффективность и безопасность [10].

В другом исследовании рассматривался метод создания прочных антибактериальных хлопковых тканей на основе функционализации четвертичными аммонийными солями (QAS). Для модификации применялась химическая обработка волокон, при которой QAS прочно закреплялись на поверхности целлюлозы, формируя устойчивое покрытие. Такой подход обеспечил долговечность антибактериальных свойств даже при многократных стирках и интенсивной эксплуатации.

Экспериментальные испытания подтвердили, что модифицированные ткани демонстрируют высокую эффективность против *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*, обеспечивая более 99% подавления роста бактерий. При этом долговечность покрытия сохранялась после многочисленных циклов стирки, что делает материал пригодным для регулярного использования в медицинских и гигиенических текстильных изделиях.

Особое внимание уделяется механизму действия QAS: положительно заряженные группы взаимодействуют с отрицательно заряженной бактериальной мембраной, вызывая её разрушение и гибель микроорганизмов. Такой контактный механизм обеспечивает устойчивый антибактериальный эффект без риска развития резистентности, характерной для антибиотиков.

Следовательно, применение четвертичных аммонийных соединений можно рассматривать как перспективное направление для создания долговечных антибактериальных тканей. Разработанный метод отличается простотой, высокой эффективностью и безопасностью, открывая возможности для широкого внедрения в производство медицинских халатов, постельного белья и других изделий для ежедневного здравоохранения [11].

Очередное исследование было направлено на разработку нового класса четвертичных аммонийных соединений (QACs), отличающихся высокой антимикробной активностью и экологической безопасностью. В качестве ключевой модификации авторы предложили заменить традиционные длинные алкильные цепи в структуре QACs на цинк-фталоцианин (ZnPc) – крупное ароматическое кольцо с гидрофобными свойствами. Такой подход позволил получить соединения (PACs), эффективность которых значительно превосходит традиционные аналоги.

Экспериментальные данные показали, что новые соединения обеспечивают 15–16-кратное усиление антимикробного действия против грамотрицательных бактерий. Особенно перспективным оказался вариант №6, который при освещении светом 680 нм проявлял бактерицидную активность на уровне 99,9999% против *Staphylococcus aureus* и MRSA. При этом соединения оказались безопасными для клеток млекопитающих и показали эффективность в модели инфицированных ран у мышей, ускоряя заживление и снижая бактериальную нагрузку.

Не менее важным аспектом стала экологическая безопасность: соединение №6 быстро разлагалось под воздействием солнечного света при рабочих концентрациях, что предотвращает накопление токсичных остатков в окружающей среде. В отличие от традиционных QACs, способных вызывать токсичность и устойчивость микроорганизмов, новые PACs сочетают высокую эффективность, низкую цитотоксичность и способность к фотодеградации.

Следовательно, применение фталоцианин-содержащих четвертичных аммонийных соединений можно рассматривать как перспективное направление для создания нового поколения дезинфицирующих средств. Такие материалы находят применение в медицине, текстильной промышленности и других областях, где требуется сочетание антимикробной активности, безопасности и экологичности [12].

Работа была посвящена четвертичным аммонийным соединениям (QACs), которые сегодня рассматриваются как вещества «новой экологической озабоченности». Авторы систематизировали существующие данные, классифицировали QACs, описали их широкое распространение в окружающей среде и проанализировали пути попадания в воду, почву и биоту. Особое внимание уделено тому, что данные соединения активно применяются в текстильной промышленности, медицине, бытовой химии и сельском хозяйстве, что приводит к их постоянному присутствию в сточных водах и бытовых отходах.

Отдельный раздел посвящён токсичности QACs для человека и животных. Исследования показали, что хроническое воздействие может вызывать нарушения дыхательной системы, репродуктивной функции и даже нейротоксические эффекты. Более того, остатки QACs были обнаружены в крови и грудном молоке человека, что подтверждает их бионакопление и потенциальные риски для здоровья.

Не менее важной проблемой является антимикробная резистентность. Из-за широкого применения QACs бактерии постепенно адаптируются к их действию, что усиливает устойчивость к антибиотикам. Авторы подчёркивают, что это создаёт серьёзную угрозу для глобального здравоохранения, поскольку QACs широко используются как дезинфицирующие средства в больницах и клиниках.

В заключение отмечается необходимость разработки более безопасных и экологически чистых альтернатив QACs, а также усиления контроля за их применением. Работа подчёркивает необходимость поиска баланса между эффективностью этих соединений как антимикробных агентов и их долгосрочными последствиями для здоровья человека и окружающей среды [13].

Ещё одна работа была посвящена созданию супергидрофобной хлопковой ткани с долговечными антибактериальными свойствами и асимметричной смачиваемостью. Для модификации применялся комплексный подход: четвертизированный хитозан, TiO_2 и Ag-наночастицы (СТА) в комбинации с полидиметилсилоксаном (PDMS) образовали прочное покрытие на поверхности хлопка. Дополнительно ткань подвергали обработке кислородной плазмой, что обеспечило градиентное увлажнение: одна сторона стала гидрофобной (угол контакта до $162,8^\circ$), а другая – гидрофильной.

Экспериментальные результаты показали, что модифицированная ткань обладает высокой антибактериальной активностью против *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*, достигая уровня стерилизации более 99% всего за один час. Причём эффект сохранялся даже после 200 циклов истирания и десяти стирок, что подтверждает долговечность покрытия.

Помимо антибактериальных свойств, материал продемонстрировал уникальную способность к однонаправленному переносу влаги: капли воды перемещались с гидрофобной стороны на гидрофильную всего за две секунды, предотвращая обратное проникновение жидкости. Дополнительно ткань показала эффективность в разделении масляно-водных смесей (выше 98%), а также устойчивость к кислотам, щелочам и УФ-излучению.

Таким образом, использование СТА-композиата можно рассматривать как перспективное направление для создания многофункциональных хлопковых тканей. Такой подход сочетает супергидрофобность, долговечный антибактериальный эффект и новые эксплуатационные свойства, открывая возможности для применения в медицинских, защитных и экологических текстильных изделиях [14].

В одном из исследований был предложен метод создания прочных антибактериальных хлопковых тканей на основе органических наночастиц таниновой кислоты (ТА). Для их получения использовался сонохимический процесс, позволяющий синтезировать частицы без стабилизаторов и одновременно внедрять их в структуру волокон. Такой подход обеспечил надёжное закрепление наночастиц и предотвратил их растворение.

Экспериментальные данные показали, что полученные частицы имели размер 40–60 нм и сохраняли биологическую активность после обработки. Хлопковые повязки, покрытые ТА-NPs, проявили выраженные антибактериальные свойства против *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa*. Дополнительно было подтверждено противовоспалительное действие за счёт ингибирования миелопероксидазы и коллагеназы – ключевых ферментов, участвующих в хронических воспалительных процессах.

Особое значение имеет экологическая чистота метода: он не требует токсичных стабилизаторов, что делает полученные материалы безопасными для медицинского применения. Такие ткани могут использоваться для перевязочных средств и функциональных текстильных изделий.

Следовательно, использование органических наночастиц, синтезированных сонохимическим методом, открывает перспективы для создания многофункциональных тканей нового поколения. Подход сочетает антибактериальные и противовоспалительные свойства, что делает его ценным для разработки медицинских текстильных материалов [15].

В одном из недавних исследований внимание было сосредоточено на создании био-вдохновлённых покрытий для медицинских тканей на основе фенольных соединений (катехолов). Для модификации применялась ко-полимеризация катехольных производных с аминогруппами, что позволило сформировать покрытия с универсальной адгезией и многофункциональными антибактериальными свойствами. Такие покрытия успешно наносились на бумагу, хлопок, полипропилен и даже коммерческие медицинские изделия, включая пластыри.

Результаты показали наличие многопутевого механизма антибактериального действия:

Генерация активных форм кислорода (ROS) со временем.

Воздействие свободных аминок групп, нарушающих целостность мембран бактерий.

Благодаря этим процессам удалось подавить более 99,9% жизнеспособных бактерий (*E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, MRSA, *E. faecalis*, *B. subtilis*) всего за 180 минут, а также значительно снизить рост грибов (*Candida albicans*, *Candida auris*) в течение суток.

Особое значение имеет экологичность и масштабируемость метода: синтез проводится в воде при комнатной температуре без использования токсичных реагентов. Дополнительно доказана биосовместимость покрытий – они не проявляют цитотоксичности и могут безопасно применяться в медицинских условиях. В экспериментах *ex vivo* покрытые пластыри снижали рост бактерий на коже примерно на 90%.

Следовательно, фенол-аминовые покрытия можно рассматривать как перспективную альтернативу традиционным антибактериальным материалам. Они сочетают эффективность, долговечность и экологическую безопасность, что делает их ценными для борьбы с антимикробной резистентностью в медицинских учреждениях [16].

В исследовании был предложен экологически чистый метод окрашивания и функционализации катионизированного хлопка с использованием экстрактов перикарпов *Zanthoxylum bungeanum*, богатых флавоноидами (рутин, астрагалин, кумарин, байкалин, кверцетин), которые обеспечили тканям глубокую окраску и биоактивные свойства; модификация хлопка осуществлялась через реакцию гидроксильных групп целлюлозы с СНРТАС, что при участии NaOH приводило к присоединению четвертичных аммонийных групп и формированию положительного заряда поверхности, обеспечивающего долговечный антибактериальный эффект и устойчивость к стиркам; результаты показали, что ткани, окрашенные ZBPFs, обладают высокой антибактериальной активностью (подавление более 98% *E. coli* и *S. aureus*), выраженной антиоксидантной способностью (98,1% радикал-поглощения) и эффективной защитой от ультрафиолета (UPF 115,54), при этом адсорбция флавоноидов подчинялась псевдо-второму порядку и модели Sips, указывая на множественные химические взаимодействия между красителем и волокном; ткани демонстрировали хорошую стойкость к стирке и трению, но сравнительно низкую светостойкость, причём промывка с алюмо-калиевыми квасцами снижала антибактериальные и антиоксидантные свойства, тогда как обычная вода почти не влияла на их сохранность, что подтверждает перспективность применения ZBPFs как экологически чистого и функционального красителя для создания медицинских, спортивных и бытовых тканей с долговечными защитными свойствами.

В исследовании был предложен экологичный метод создания многофункциональных хлопковых тканей с использованием эвгенола – природного компонента, извлекаемого из гвоздики, корицы и других растений. Для модификации применялся винилтриметоксисилан, который обеспечивал прочное химическое связывание эвгенола с целлюлозными волокнами, что отличает данный подход от традиционных методов покрытия и гарантирует долговечность и безопасность. Полученные ткани (Cotton-Si-EU) демонстрировали антибактериальную активность более 99,99% даже после 50 циклов стирки, противоклещевую эффективность на уровне 73% и комароотталкивающую – 75%, при этом сохранялись мягкость, воздухопроницаемость и комфорт хлопка. Механизм действия основывался на индуцировании окислительного стресса, подавлении ферментативной активности микроорганизмов и насекомых, а также разрушении клеточных структур. Дополнительным преимуществом стала высокая биологическая безопасность: ткани показали цитосовместимость, гемосовместимость

и отсутствие раздражения кожи. Таким образом, использование эвгенола открывает перспективы для производства медицинских, бытовых и военных текстильных изделий, сочетающих долговечный антибактериальный эффект и защиту от бактерий, клещей и комаров [18].

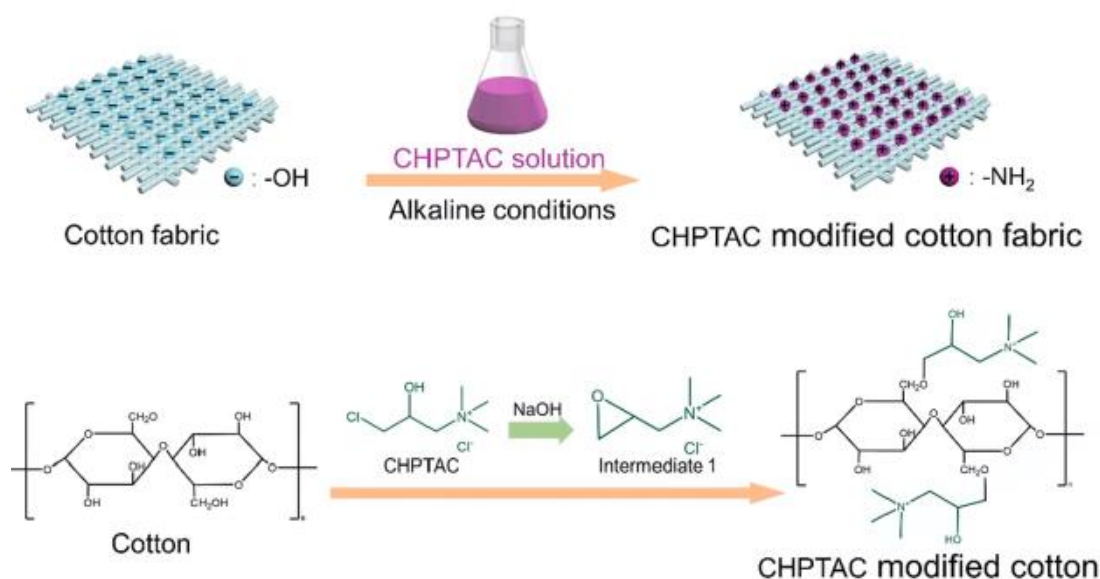


Рисунок 1. Механизм реакции хлопчатобумажной ткани, модифицированной СНРТАС [17].

В исследовании был предложен простой и экологичный метод получения многофункциональной повязки для лечения инфицированных ран на основе нетканого альгината натрия, модифицированного полигексаметиленгуанидином гидрохлоридом (PHMG), который сочетает антибактериальные и гемостатические свойства; результаты показали, что SA-PHMG эффективно подавляет рост *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* и смешанных культур, причём активность сохранялась даже после 10 циклов испытаний и 50 стирок, а также материал стимулировал активацию тромбоцитов и ускорял свёртывание крови, обеспечивая быстрый гемостатический эффект; исследования биосовместимости подтвердили безопасность применения (отсутствие гемолиза, цитотоксичности и раздражения кожи), а в модели инфицированных ран полной толщины SA-PHMG обеспечивал лучшее закрытие и регенерацию тканей по сравнению с контрольными образцами, что демонстрирует перспективность использования PHMG-модифицированного альгината натрия для создания медицинских повязок нового поколения, сочетающих долговечность, эффективность и биосовместимость [19].

В статье рассматривались четвертичные аммонийные соединения (QACs), их распространение в окружающей среде, пути трансформации и токсичность. Авторы подчеркнули, что QACs широко применяются в бытовой химии, текстильной промышленности, медицине и сельском хозяйстве, что приводит к их массовому поступлению на очистные сооружения сточных вод (WWTP), а основными источниками загрязнения являются стоки WWTP и использование осадков на землях. Несмотря на то что QACs считаются аэробно биоразлагаемыми, их деградация сильно зависит от химической структуры, концентрации кислорода и взаимодействия с другими веществами; в анаэробных условиях они демонстрируют высокую устойчивость и склонность к сорбции, что ведёт к накоплению в осадках и почве, создавая долгосрочные экологические риски, включая ингибирование процессов метаногенеза и снижение эффективности очистных систем.

Токсичность QACs проявляется в отношении многих водных организмов – рыб, дафний, водорослей, простейших и микроорганизмов, участвующих в биологической очистке, а чрезмерное использование способствует появлению бактерий, устойчивых не только к самим QACs, но и к антибиотикам, что усиливает проблему глобальной антимикробной резистентности. В заключение авторы отмечают необходимость разработки более точных аналитических методов для мониторинга QACs в воде, сточных водах и осадках, а также поиска экологически безопасных альтернатив, подчёркивая баланс между эффективностью этих соединений как биоцидов и их долгосрочными последствиями для здоровья человека и экосистем [20].

В статье рассматривался новый метод создания устойчивых эмульсий на основе изолята соевого белка (SPI), модифицированного четвертичной аммонийной солью хитозана (НАСС), с добавлением эфирного масла мяты (РМО). Такой подход позволил преодолеть проблему летучести и нестабильности эфирных масел, обеспечив их пролонгированное высвобождение и сохранение биологической активности. Эксперименты показали, что добавление НАСС значительно повышает вязкость и укрепляет структуру гелевой сети, а эмульсии SPI/НАСС-РМО демонстрировали замедленное высвобождение масла, увеличивая продолжительность антимикробного действия; особенно эффективным оказалось соотношение SPI/НАСС 1:1, обеспечивающее оптимальный баланс между стабильностью и пролонгированным эффектом. Эмульсии проявили высокую активность против трёх патогенных грибов растений, что подтверждает их потенциал для применения в сельском хозяйстве и хранении продуктов, а также экологическую безопасность метода, так как он основан на природных белках и полисахаридах вместо синтетических ПАВ. Таким образом, работа демонстрирует перспективность применения SPI/НАСС-композиов для стабилизации эфирных масел и создания систем с контролируемым высвобождением, открывая возможности для использования в пищевой промышленности, сельском хозяйстве и биомедицине, где требуется долговечная антимикробная активность и экологичность [21].

В исследовании был предложен метод создания шелковых тканей с быстрым фототермальным антибактериальным эффектом, основанный на предварительной обработке волокон четвертичной аммонийной солью хитозана (НАСС), которая способствовала адсорбции полистиролсульфоната (PSS) и осаждению полимера PEDOT, формируя композит SF/НАСС/PEDOT:PSS с равномерным покрытием и высокой фототермальной активностью; эксперименты показали, что при освещении интенсивностью 200 мВт/см² температура поверхности ткани достигала 107,5 °С всего за одну минуту, обеспечивая почти полное уничтожение *E. coli* и *S. aureus*, причём даже после десяти циклов стандартной стирки сохранялась эффективность на уровне 99,79% против *E. coli* и 93,09% против *S. aureus*; при этом модифицированная ткань сохранила мягкость, биосовместимость и устойчивость к ультрафиолету, а снижение прочности на растяжение оказалось незначительным и не ограничивающим практическое применение, что демонстрирует перспективность использования PEDOT:PSS для создания медицинских тканей многократного применения, способных решать проблему накопления медицинских отходов и обеспечивать долговечную защиту от патогенов благодаря фототермальному механизму стерилизации [22].

В исследовании была разработана растягиваемая нановолокнистая мембрана Януса, полученная методом электроспиннинга, где гидрофильный слой состоял из поливинилового спирта (PVA), модифицированного четвертичной аммонийной солью хитозана (НАСС), а гидрофобный слой – из термопластичного полиуретана (TPU), что обеспечило градиент увлажняемости и прочную межслойную адгезию; материал демонстрировал высокий

коэффициент однонаправленного переноса жидкости ($R = 1483\%$), позволяя эффективно удалять избыточные биожидкости, например экссудаты ран, при этом антибактериальная активность достигала 99,2% против *E. coli* и 98,7% против *S. aureus* без выщелачивания антибактериальных агентов, что подтверждает надёжность встроенной функции; дополнительно мембрана обладала высокой эластичностью и самоклеящимися свойствами, удобными для применения в медицинских повязках, а биосовместимость была подтверждена низкой цитотоксичностью и отсутствием раздражения кожи, что делает материал перспективным для перевязочных средств нового поколения, способных снижать риск инфекций и ускорять заживление ран благодаря сочетанию управления влагой, антибактериальной защиты и удобства использования [23].

В статье описан метод создания многофункциональных хлопковых тканей с использованием композитных покрытий на основе поливинилсилсесквиоксана (PVSQ) и наночастиц ZnO , который позволил объединить снижение поверхностной энергии и улучшение гидрофобности за счёт PVSQ с антимикробными и УФ-защитными свойствами ZnO ; результаты показали, что обработанные ткани приобрели супергидрофобность (угол контакта более 150°), отличную защиту от ультрафиолетового излучения и выраженные антимикробные свойства, при этом механические характеристики значительно улучшились – прочность и устойчивость к истиранию возросли без ущерба для термической стабильности, что выгодно отличает метод от традиционных способов модификации, где часто наблюдается ухудшение механики; особое внимание уделено взаимодействию ZnO и PVSQ, где полимер выступает в роли связующего агента, прочно закрепляя наночастицы на поверхности волокон и предотвращая их вымывание при стирке, обеспечивая долговечность функциональных свойств тканей; таким образом, работа демонстрирует перспективность применения композитных покрытий PVSQ/ ZnO для создания текстиля нового поколения, который может использоваться в защитной одежде, медицинских материалах и бытовых изделиях, где важны водоотталкивающие, антимикробные и УФ-защитные свойства [24].

В статье был предложен экологически чистый метод создания многофункциональных хлопковых тканей на основе натуральных растительных экстрактов (мята, ревень, семена кассии), хитозана (CS), гиперразветвлённого сополимера (ECO) и водного блокированного изоцианата (BWI), который в отличие от традиционных фторсодержащих технологий обеспечивает долговечную супергидрофобность без токсичных компонентов; результаты показали, что обработанные ткани обладают углами смачивания более 150° для различных жидкостей (вода, кислоты, щёлочи, синтетическая кровь, молоко, соевый соус), при этом они демонстрировали антибактериальную активность более 99% против *E. coli* и *S. aureus*, высокую антиоксидантную способность (92,1% поглощения DPPH) и отличную цитосовместимость (жизнеспособность фибробластов 133%), а долговечность покрытия подтверждалась сохранением свойств после многократных стирок, истирания, воздействия растворителей, УФ-излучения и экстремальных температур благодаря химической сшивке между BWI и компонентами покрытия, формирующей стабильную сеть и прочно закрепляющей биоактивные материалы на поверхности волокон; таким образом, работа демонстрирует перспективность применения растительных экстрактов и хитозана для создания тканей нового поколения, сочетающих супергидрофобность, антибактериальные и антиоксидантные свойства, экологичность и долговечность, что делает их ценными для медицинских, защитных и бытовых текстильных изделий [25].

В статье систематизированы последние достижения в области разработки антибактериальных волокон и тканей, где подробно рассматриваются механизмы их действия

– разрушение клеточных мембран, генерация активных форм кислорода, ингибирование ферментов и блокировка синтеза нуклеиновых кислот; особое внимание уделено различным типам антибактериальных агентов: природным экстрактам (хитозан, эвгенол, растительные полифенолы), которые экологичны и биосовместимы, но требуют повышения долговечности; неорганическим наноматериалам (Ag, ZnO, TiO₂), обладающим высокой активностью, но вызывающим вопросы токсичности и биоаккумуляции; органическим соединениям (четвертичные аммонийные соли, гуанидины), эффективным, но небезопасным при длительном применении; а также новым материалам (фотокаталитические и стимулочувствительные системы), находящимся на стадии исследований; кроме того, подробно описаны методы изготовления антибактериальных тканей – смешанное прядение, нанесение покрытий, химическая модификация и композитные технологии, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения, например покрытия просты в реализации, но менее долговечны, а химическая прививка обеспечивает прочность, но требует сложных условий; в заключение авторы акцентируют внимание на перспективах развития масштабируемых, экологичных и долговечных технологий, интеграции антибактериальных свойств в медицинские ткани, повседневную одежду и бытовой текстиль, подчёркивая важность расширения применения таких материалов для защиты общественного здоровья и снижения рисков, связанных с глобальной антимикробной резистентностью [26].

В статье представлен метод создания новых тканей на основе регенерированной целлюлозы, модифицированных щелочным лигнином (AL) и серебряными наночастицами (AgNPs), что позволило объединить природные свойства лигнина – способность поглощать ультрафиолет и проявлять антибактериальность – с мощным бактерицидным эффектом серебра; полученные композитные волокна (Ag/AL/CC-g) продемонстрировали высокую антибактериальную активность (более 99,99% инактивации *E. coli* и *S. aureus*) и значительное улучшение защиты от ультрафиолета, при содержании 46% AL и 7% AgNPs уровень UPF превысил 40, что соответствует европейскому стандарту EN 13758-2 и классифицируется как «отличная защита»; морфологический анализ подтвердил равномерное распределение наночастиц серебра на поверхности волокон, а термические испытания показали улучшенную стабильность материала, при этом ткани сохраняли мягкость и воздухопроницаемость, характерные для целлюлозных волокон, приобретая новые функциональные свойства; таким образом, работа демонстрирует перспективность применения комбинации лигнина и серебряных наночастиц для создания текстиля нового поколения, который может использоваться в летней одежде, медицинских изделиях и защитных материалах, где требуется одновременно УФ-защита и антибактериальные свойства [27].

Экологически чистые целлюлозные волокна, модифицированные гуанилированным хитозаном (GCOS), были получены методом спанлейс для создания нетканых материалов с долговременными антибактериальными и противовирусными свойствами; благодаря реакции гуанилирования олигосахарида хитозана (COS) с дициандиамином в присутствии катализатора Sc(III) трифлата удалось синтезировать производное с высоким уровнем замещения, что обеспечило значительно более высокую активность по сравнению с исходным COS: минимальная ингибирующая концентрация (MIC) и минимальная бактерицидная концентрация (MBC) снизились в 8 и 4 раза соответственно, а волокна GCOS-CFs продемонстрировали 100% подавление роста *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* и 99,48% снижение вирусной нагрузки бактериофага MS2; особенно важно, что антибактериальные и противовирусные свойства сохранялись даже после 30 циклов стирки, эффективность практически не снижалась (100% против бактерий и 99% против вируса), причём бумага,

изготовленная из GCOS-CFs, также сохраняла эти свойства, подтверждая устойчивость материала к процессам формования, прессования и сушки; таким образом, разработка демонстрирует перспективность применения GCOS-модифицированных целлюлозных волокон для производства медицинских защитных тканей и нетканых материалов, объединяющих экологичность, долговечность и высокую эффективность, что делает их ценными для борьбы с инфекциями и вирусами, включая угрозы, подобные COVID-19 [28].

Статья посвящена разработке нового фотокаталитического материала – **гетеропереход $\text{Cu}_2\text{O}/\text{CuZnAl-LDHs}$** , обладающего высокой антибактериальной активностью. Авторы использовали метод соосаждения с последующим восстановлением *in situ*, что позволило сформировать прочный интерфейс между Cu_2O и слоистыми двойными гидроксидами (LDHs).

Эксперименты показали, что материал обеспечивает более 99,9% инактивации *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* всего за 30 минут при облучении имитированным солнечным светом. Механизм действия основан на трёх факторах:

1. Высокая адсорбционная способность нанолистов CuZnAl-LDHs .
2. Эффективное разделение фотоиндуцированных электронно-дырочных пар благодаря гетеропереходу.
3. Генерация активных форм кислорода ($\cdot\text{OH}$ и $\cdot\text{O}_2^-$), вызывающих разрушение бактериальных мембран и внутриклеточных компонентов.

Практическое применение материала было продемонстрировано на примере защитной маски: верхний слой, содержащий $\text{Cu}_2\text{O}/\text{CuZnAl-LDHs}$, показал высокую антибактериальную активность, устойчивость к более чем 500 циклам изгиба, минимальные потери катализатора (<1,5%) и эффективность фильтрации частиц 96,4% при сохранении воздухопроницаемости.

Таким образом, работа демонстрирует перспективность использования гетеропереходных фотокатализаторов для создания средств индивидуальной защиты нового поколения. Такой подход сочетает экологичность, долговечность и высокую эффективность, что делает его ценным для борьбы с инфекциями и профилактики эпидемий [29].

Статья представляет собой обзор исследований по функционализации хлопковых тканей наночастицами оксида меди (CuO). Авторы систематизировали работы, где применялись два основных метода: **in situ** (синтез наночастиц непосредственно на ткани) и **ex situ** (нанесение заранее синтезированных наночастиц на ткань).

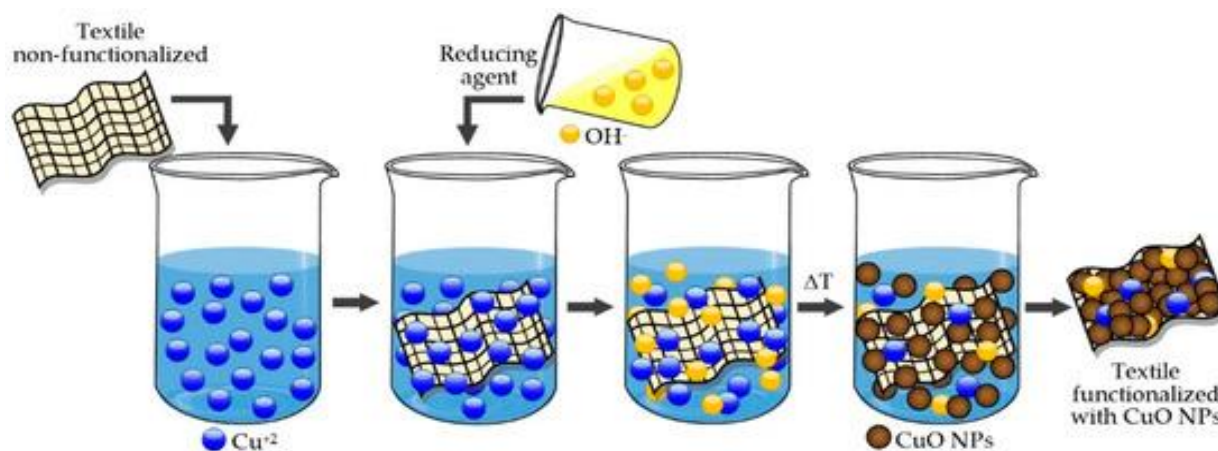


Рисунок 2. Схема функционализации текстиля методом *in situ*

Метод **in situ** включает такие подходы, как сонохимический синтез, погружение в растворы прекурсоров меди и последующее восстановление. Эти ткани демонстрировали

высокую антибактериальную активность против *E. coli* и *S. aureus*, а также устойчивость к многократным стиркам. Например, после 20 циклов промывания содержание CuO практически не снижалось, а выщелачивание ионов меди было минимальным.

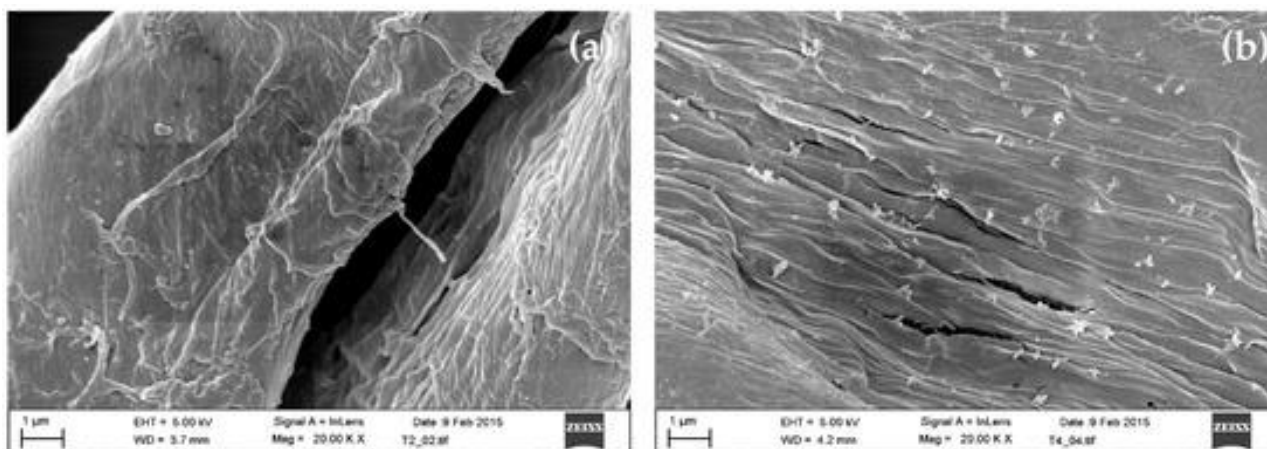


Рисунок 3. Микрофотографии хлопчатобумажных тканей, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа с полевой эмиссией (FESEM): (а) нефункционализированные и (б) функционализированные *in situ* наночастицами CuO

Метод *ex situ* предполагает предварительный синтез CuO наночастиц (например, методом осаждения или «зелёного» синтеза с использованием растительных экстрактов), а затем их нанесение на ткань. Такие ткани также показывали выраженные антибактериальные свойства, но требовали дополнительных мер для закрепления наночастиц и предотвращения их вымывания.

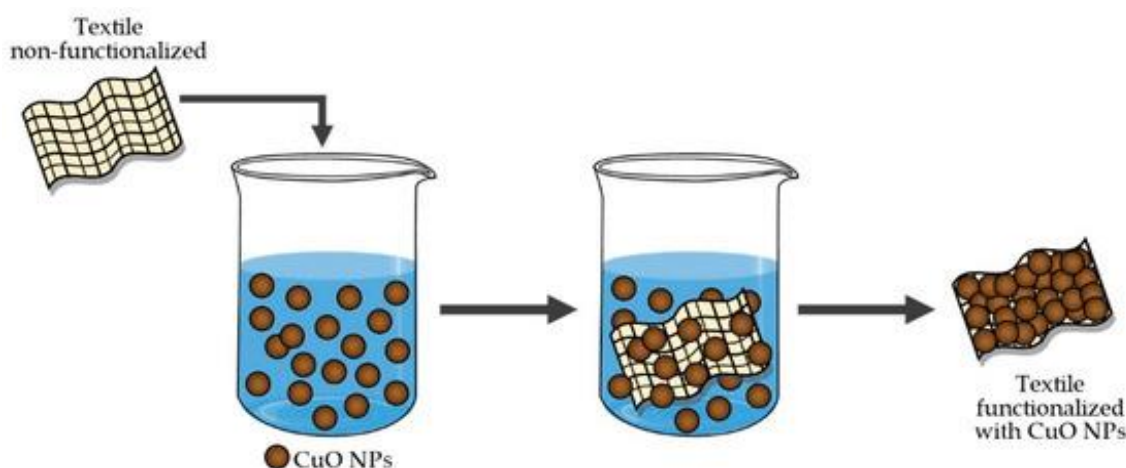


Рисунок 4. Схема второго этапа функционализации текстиля методом *ex situ*

Авторы подробно рассмотрели механизмы антибактериального действия CuO: разрушение клеточной мембраны, генерация активных форм кислорода, высвобождение ионов Cu^{2+} , которые нарушают метаболизм бактерий. Обзор также затрагивает вопросы цитотоксичности и перспективы применения таких тканей в медицинской одежде и средствах индивидуальной защиты [30].

Исследовали четвертичные аммонийные соединения (QACs) как антибактериальные агенты, систематизировав их химическое разнообразие и разделив на две основные категории – соединения с алифатическими цепями и соединения с ароматическими кольцами;

рассмотрено более 95 препаратов, одобренных к применению, а также новые молекулы, зарегистрированные в 2012–2022 гг., при этом особое внимание уделено структурно-активным связям (SAR), где гидрофобность, число положительных зарядов и особенности молекулярного скелета напрямую влияют на активность и селективность: например, удлинение гидрофобной цепи усиливает взаимодействие с бактериальными мембранами, но может повышать гемолитическую активность; антибактериальные механизмы QACs включают разрушение и деполяризацию клеточной мембраны, ингибирование образования биоплёнок и воздействие на внутриклеточные мишени (ферменты, нуклеиновые кислоты); отмечено, что QACs обладают низкой восприимчивостью к развитию устойчивости, что делает их перспективными для борьбы с глобальной антимикробной резистентностью, однако остаются вызовы, связанные с возможной токсичностью для человека из-за неспецифических электростатических взаимодействий с отрицательно заряженными биомолекулами (например, белками сыворотки и ДНК); таким образом, работа подчёркивает потенциал QACs как основы для разработки нового поколения антибактериальных препаратов, способных преодолеть проблему устойчивости бактерий [31].

Разработали экологически устойчивый метод придания хлопковым тканям антибактериальных и противовирусных свойств с использованием дифеноловой кислоты (DPA), которая является биоосновным химическим веществом, получаемым из левулиновой кислоты и фенола и рассматривается как безопасная альтернатива бисфенолу А; применён простой и масштабируемый метод *rad-dry-cure* (нанесение–сушка–отверждение), при котором молекулы DPA ковалентно связываются с гидроксильными группами целлюлозы на поверхности хлопковых волокон, благодаря чему ткани приобретают фенольные группы, способные разрушать патогены через взаимодействие с белками; экспериментальные результаты показали высокий уровень бактериостатического восстановления против *E. coli* и *S. aureus*, а также быстрый противовирусный эффект – инаktivация вируса менее чем за 20 минут, при этом структура хлопкового волокна практически не повреждается и ткани остаются безопасными для кожи человека; таким образом, исследование подтверждает перспективность применения DPA для создания медицинских и бытовых тканей с долговечными антибактериальными и противовирусными свойствами, сочетая экологичность, простоту технологии и высокую эффективность, что делает данный подход ценным для борьбы с инфекциями и вирусными заболеваниями [32].

Создали полностью био-базовое покрытие для хлопковых тканей на основе хитозана (CS) и фитата аммония (AP), целью которого было одновременно придать материалу огнестойкость и антибактериальные свойства при использовании экологически чистых компонентов; метод заключался в послойном осаждении CS и AP на поверхность волокон, и при увеличении массы покрытия примерно на 8% ткани демонстрировали самозатухание в вертикальном тесте горения, а калориметрические данные показали значительное снижение тепловыделения и образования дыма, что подтверждает улучшение пожарной безопасности; кроме того, покрытия CS/AP обеспечили выраженную антибактериальную активность, особенно против грамотрицательных бактерий (*E. coli*), а также повысили прочность тканей на разрыв по сравнению с образцами, обработанными только AP, что позволило достичь синергетического эффекта – огнестойкость, подавление дыма, антибактериальные свойства и улучшение механики; использование нетоксичных и биоразлагаемых компонентов делает метод перспективным для применения в бытовом и промышленном текстиле – от штор и ковров до медицинских тканей, открывая путь к созданию экологичных огнестойких материалов с дополнительными функциями защиты [33].

Разработали новый метод окрашивания шерстяных тканей с использованием нерастворимого куркумина – натурального фенольного соединения с антибактериальными и антиоксидантными свойствами; предложенная технология *pad dyeing* (окрашивание прокладками) отличается высокой эффективностью и экологичностью по сравнению с традиционными методами окрашивания выхлопными веществами. Для равномерного распределения куркумина применялся раствор полиакрилата натрия (РААС), образующий плёнку на поверхности шерстяных волокон, что обеспечило стабильную дисперсию красителя и глубокий цвет тканей. Оптимальные условия включали концентрацию РААС 7,5 г/л, куркумина 8 г/л и паровую обработку в течение 15 минут; максимальное значение интенсивности окраски ($K/S = 16,15$) достигалось при влажном парении, что также снижало энергозатраты за счёт исключения этапа сушки. Дополнительное введение танина усилило фиксацию красителя и повысило стойкость окраски, в результате ткани приобрели насыщенный цвет, хорошую жёсткость и выраженную антибактериальную активность против патогенных микроорганизмов.

Таким образом, исследование подтверждает перспективность применения куркумина для экологичного окрашивания шерстяных тканей: метод сочетает устойчивость, высокую эффективность и функциональность, открывая путь к созданию натуральных антибактериальных красителей для текстильной промышленности [34].

Синтезировали и применили производные хитозана с двойными антибактериальными функциональными группами для отделки хлопковых тканей: модификация проводилась с использованием 2,3-эпоксипропилтриметиламмония хлорида и бензальдегида, что позволило получить производные с четвертичными аммонийными группами и основаниями Шиффа, усилив антибактериальную активность и повысив водорастворимость материала; для закрепления производных на хлопковых тканях использовалась лимонная кислота (СА) как агент для сшивания, при оптимальных условиях (3% производных хитозана и 14% СА) ткани показали высокую эффективность: более 99% инактивации *Staphylococcus aureus* и около 96% инактивации *Escherichia coli*; сравнительный анализ выявил наибольшую активность у О-кватернизированных-N,N-диэтил-N-бензиламмоний-хитозанов (O-QCTS-DEBn), далее следовали О-кватернизированные-N-основания Шиффа (O-QCTSS) и О-кватернизированные-N-бензил-хитозаны (O-QCTS-Bn), причём ткани, обработанные O-QCTSS, сохраняли более 75% антибактериальной активности даже после 20 циклов стирки, что подтверждает долговечность покрытия; таким образом, исследование демонстрирует перспективность химической модификации хитозана для создания экологичных и эффективных антибактериальных тканей, сочетающих биосовместимость, устойчивость и высокую эффективность, открывая путь к применению в медицинском и защитном текстиле [35].

Синтезировали устойчивые антибактериальные ткани на основе PDDA (poly(diallyldimethylammonium chloride)), преобразованного в полимерные точки (PDs), что позволило преодолеть ограничения исходного материала – нестабильность покрытия и дозозависимую цитотоксичность; для получения PDDA-PDs применялся гидротермальный синтез с борной кислотой, обеспечивший лучшую биосовместимость и стабильность. Полученные PDs проявили сильную активность против *S. aureus*, *E. coli* и *P. aeruginosa* (MIC 0.056–0.112 мг/мл), а также высокую способность подавлять биоплёнки; развитие устойчивости у бактерий оказалось минимальным – увеличение MIC всего в 4–8 раз за 30 дней, тогда как для традиционных антибиотиков этот показатель достигал 128–2048 раз.

Для нанесения PDs на хлопковые ткани использовался соххимический метод, обеспечивший равномерное распределение частиц и прочность покрытия; ткани сохраняли

антибактериальную активность даже после 60 циклов стирки при высоких температурах (снижение бактериальной нагрузки: *S. aureus* – 4.72 log, *E. coli* – 3.26 log, *P. aeruginosa* – 2.31 log). Важным результатом стало успешное масштабирование процесса до уровня roll-to-roll пилотной системы, что подтверждает промышленную реализуемость метода и открывает путь к созданию долговечных антибактериальных тканей для медицины и защиты здоровья [36].

Для создания биоразлагаемых упаковочных материалов на основе PLA, модифицированных таниновой кислотой (ТА) и серебряными наночастицами (AgNPs), авторы использовали двухэтапную стратегию: сначала нанесение покрытия ТА методом окислительной самополимеризации, затем *in situ* восстановление и иммобилизация AgNPs. Процесс разработки материала проходил в несколько последовательных этапов.

Сначала были подготовлены нановолокна полимолочной кислоты (PLA) методом электроспиннинга, что обеспечило чистую поверхность для дальнейшей модификации.

Затем на волокна наносили таниновую кислоту (ТА) с использованием окислительной самополимеризации – именно этот шаг придал плёнкам антиоксидантные свойства и сформировал фенольные группы.

Следующим этапом стало *in situ* восстановление серебряных наночастиц (AgNPs) прямо на поверхности PLA-ТА, что позволило закрепить их равномерно и без дополнительных редукторов, обеспечив антибактериальную активность.

На заключительной стадии проводились испытания: оценивалась антиоксидантная способность (DPPH и ABTS), проверялась эффективность против *E. coli* и *S. aureus*, измерялась прочность на растяжение, а также тестировалось хранение клубники для подтверждения свежести продукта.

Такой подход позволил увеличить прочность плёнок на 193%, обеспечить инактивацию бактерий и продлить срок хранения клубники до 8 дней при комнатной температуре. В итоге PLA-ТА@AgNPs демонстрируют потенциал для применения в **активной упаковке**, сочетая экологичность, биоразлагаемость и функциональные свойства [37].

Работа посвящена инновационному подходу к созданию иерархически структурированных композитных гидрогелей, где матрица поли(винил-спирт)/гиалуроновая кислота (PVA–HA) интегрирована с медицинским нетканым каркасом и наночастицами ZnO/Fe₂O₃. Такой метод позволил одновременно повысить механическую прочность, водоудерживающую способность и антибактериальные свойства материала. Ультрамалые наночастицы Fe₂O₃ (2–3 нм) выступали в роли наноспейсеров, увеличивая коэффициент набухания гидрогеля с ~575% до ~650%, а включение ZnO/Fe₂O₃ гетеропереходов обеспечило генерацию активных форм кислорода (ROS), что привело к более чем 99% инаktivации *E. coli* и *S. aureus* при сверхнизких концентрациях наночастиц.

Механические испытания подтвердили значительное усиление прочности и устойчивости к разрыву благодаря интеграции нетканого каркаса, при этом материал сохранил высокую биосовместимость (жизнеспособность фибробластов не снижалась). Такой баланс свойств делает систему перспективной для применения в перевязочных материалах нового поколения, особенно для лечения хронических и инфицированных ран, демонстрируя универсальный путь к созданию многофункциональных мягких материалов с синергетическим эффектом – механическим усилением и антибактериальной активностью [38].

В исследовании представлена разработка многофункциональных хлопковых тканей, модифицированных нанокомпозитами Ag/TiO₂/g-C₃N₄. Такая комбинация обеспечила сразу несколько ключевых свойств: мощное бактерицидное действие за счёт AgNPs, фотокаталитическую генерацию активных форм кислорода благодаря TiO₂ и расширенное

поглощение света с эффективным разделением электрон-дырочных пар при участии g-C₃N₄. В результате ткани показали более чем 99% инактивацию *E. coli* и *S. aureus*, а также высокий уровень защиты от ультрафиолетового излучения (UPF > 50).

Морфологический и спектроскопический анализ подтвердил равномерное распределение нанокомпозитов и их устойчивость к многократным стиркам. Дополнительно фотокаталитические свойства позволили эффективно разлагать органические загрязнители, придавая материалу самоочищающуюся способность. Таким образом, работа демонстрирует перспективность применения гибридных нанокомпозитов для создания текстиля нового поколения, сочетающего антибактериальные свойства, УФ-защиту и фотокаталитическую активность, что открывает возможности для использования в медицинских, защитных и бытовых изделиях [39].

В исследовании представлен новый метод получения нанокомпозитов на основе ZnO, модифицированных одновременно Cu₂O и Ag. Такой подход позволил сформировать би-гетеропереходы Cu₂O/ZnO и Ag/ZnO, усиливающие антибактериальную активность материала.

Структурный анализ (XRD, SEM, TEM) показал равномерное распределение наночастиц Cu₂O (~31 нм) и Ag (~30 нм) на поверхности ZnO (~202 нм). Оптимальный состав – (Cu₂O)_{0.04}Ag_{0.06}ZnO_{0.9} – продемонстрировал высокую эффективность: MIC против *E. coli* составила 31,25 мкг/мл, MBC – 125 мкг/мл; для *S. aureus* показатели были 250 мкг/мл (MIC) и 500 мкг/мл (MBC). Эти значения значительно ниже, чем у большинства ранее опубликованных ZnO-наноматериалов, что подтверждает синергетический эффект совместной модификации.

Таким образом, работа демонстрирует перспективность использования гетеропереходов ZnO/Cu₂O/Ag для создания мощных антибактериальных нанокомпозитов, применимых в медицинских материалах, защитных покрытиях и текстильных изделиях, где требуется долговечная и эффективная антибактериальная защита [40].

Заключение. Проведённый обзор современных нанотехнологических решений показал, что модификация хлопковых и шелковых тканей наночастицами металлов и их оксидов (ZnO, Ag, Cu, Au), а также использование биополимеров и природных стабилизаторов открывают широкие возможности для создания многофункциональных текстильных материалов. Такие покрытия обеспечивают долговечный антибактериальный эффект, устойчивость к многократным стиркам и дополнительные свойства – супергидрофобность, фотозащиту, электропроводимость и устойчивость к агрессивным условиям эксплуатации. Это подтверждает перспективность нанотехнологий в текстильной промышленности и их значимость для медицины, защитной одежды и сферы умного текстиля.

Особое внимание уделяется экологической безопасности и биосовместимости материалов. Использование биополимеров, таких как хитозан и полидофамин, а также природных стабилизаторов (например, экстракта семян фиников), позволяет снизить токсичность и обеспечить комфорт при эксплуатации. Экспериментальные данные показывают, что такие ткани сохраняют антибактериальную активность против *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Candida albicans* даже после многократных стирок, что делает их особенно ценными для применения в медицинских учреждениях, где важна долговечность и безопасность.

Нанотехнологические методы модификации текстиля формируют основу для создания нового поколения материалов, сочетающих антибактериальные свойства, фотозащиту, электропроводимость и устойчивость к внешним воздействиям. Синергетический эффект от комбинации наночастиц и биополимеров открывает путь к разработке инновационных тканей

для медицинских бинтов, защитной одежды и бытовых изделий. Всё это подтверждает, что развитие нанотехнологий в текстиле является стратегическим направлением, способным снизить риск инфекций, повысить качество жизни и расширить возможности практического применения многофункциональных материалов.

Литература:

1. Petya Petkova, Antonio Francesko, Ilana Perelshtein, Aharon Gedankenov, Tzanko Tzanov. Simultaneous sonochemical-enzymatic coating of medical textiles with antibacterial ZnO nanoparticles. *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 29, March 2016, Pages 244–250. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.09.021>
2. Ya-Nan Gao, Ye Wang, Tian-Ning Yue, Yun-Xuan Weng, Ming Wang. Multifunctional cotton non-woven fabrics coated with silver nanoparticles and polymers for antibacterial, superhydrophobic and high performance microwave shielding. *Journal of Colloid and Interface Science*, Volume 582, Part A, 15 January 2021, Pages 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.08.037>
3. Feng Gao, Yifang Mi, Xinlei Wu, Jun Yao, Qi Qi, Wei Chen, Zhihai Cao. Preparation of quaternized chitosan/Ag composite nanogels in inverse miniemulsions for durable and antimicrobial cotton fabrics. *Carbohydrate Polymers*, Volume 278, 15 February 2022, Article 118935. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118935>
4. Lian-Yi Qu, Jiang-Long Liu, An-Le Yang, Lin Zhang, Ping Zhu, Ying-Jun Xu, Yu-Zhong Wang. Silver nanoparticle@catechol formaldehyde resin microspheres: One-pot synthesis and application for producing durable antimicrobial cotton fabrics. *Chemical Engineering Journal*, Volume 476, 15 November 2023, Article 146839. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.146839>
5. Ahmed G. Hassabo, Mehrez E. El-Naggar, Amina L. Mohamed, Ali A. Hebeish. Development of multifunctional modified cotton fabric with tri-component nanoparticles of silver, copper and zinc oxide. *Carbohydrate Polymers*, Volume 210, 15 April 2019, Pages 144–156. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.066>
6. Na Zhu, Sijie Zhou, Junyao Gong, Xiaofeng Wang, Chunhua Zhang, Wenbin Li, Dan Sheng, Xin Liu, Liangjun Xia, Weilin Xu. In situ synthesis of cuprous oxide on cotton fiber for developing functional textile with broad-spectrum antibacterial activity. *Industrial Crops and Products*, Volume 187, Part B, 1 November 2022, Article 115442. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115442>
7. Lin Zhou, Kun Yu, Fei Lu, Guangqian Lan, Fangyin Dai, Songmin Shang, Enling Hu. Minimizing antibiotic dosage through in situ formation of gold nanoparticles across antibacterial wound dressings: A facile approach using silk fabric as the base substrate. *Journal of Cleaner Production*, Volume 243, 10 January 2020, Article 118604. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118604>
8. Yong Wang, Kai-Kai Liu, Wen-Bo Zhao, Jun-Lu Sun, Xue-Xia Chen, Lei-Lei Zhang, Qing Cao, Rui Zhou, Lin Dong, Chong-Xin Shan. Antibacterial fabrics based on synergy of piezoelectric effect and physical interaction. *Nano Today*, Volume 48, February 2023, Article 101737. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2022.101737>
9. Mehrez E. El-Naggar, S. Shaarawy, A.A. Hebeish. Multifunctional properties of cotton fabrics coated with in situ synthesis of zinc oxide nanoparticles capped with date seed extract. *Carbohydrate Polymers*, Volume 181, 1 February 2018, Pages 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.074>
10. Marc Salat, Petya Petkova, Javier Hoyo, Ilana Perelshtein, Aharon Gedanken, Tzanko Tzanov. Durable antimicrobial cotton textiles coated sonochemically with ZnO nanoparticles

embedded in an in-situ enzymatically generated bioadhesive. *Carbohydrate Polymers*, Volume 189, 1 June 2018, Pages 198–203. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.033>

11. Yiran Li, Hui Zhao, Tao Li, Dawei Shang, Limin Wu, Ning Guan, Shaohua Wu. Quaternary ammonium salts functionalized cotton fibers with highly effective and durable antibacterial performances for daily healthcare textile applications. *Industrial Crops and Products*, Volume 202, 15 October 2023, Article 117100. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117100>

12. Guodong Wang, Ling Yang, Libin Jiang, Jingyi Chen, Qian Jing, Yuhua Mai, Lina Deng, Yuxin Lin, Liyun Chen, Zheng Chen, Peng Xu, Longguang Jiang, Cai Yuan, Mingdong Huang. A new class of quaternary ammonium compounds as potent and environmental friendly disinfectants. *Journal of Cleaner Production*, Volume 379, Part 1, 15 December 2022, Article 134632. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134632>

13. Sanjeeb Mohapatra, Lin Yutao, Shin Giek Goh, Charmaine Ng, You Luhua, Ngoc Han Tran, Karina Yew-Hoong Gin. Quaternary ammonium compounds of emerging concern: Classification, occurrence, fate, toxicity and antimicrobial resistance. *Journal of Hazardous Materials*, Volume 445, 5 March 2023, Article 130393. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130393>

14. Yaxi Tan, Kuanjun Fang, Weichao Chen, Qi Shi, Chunming Zhang. Fabrication of a superhydrophobic cotton fabric with efficient antibacterial properties and asymmetric wettability via synergistic effect of quaternized chitosan/TiO₂/Ag. *Industrial Crops and Products*, Volume 209, March 2024, Article 118034. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118034>

15. Ilana Perelshtein, Elena Ruderman, Antonio Francesko, Margarida M. Fernandes, Tzanko Tzanov, Aharon Gedanken. Tannic acid NPs – Synthesis and immobilization onto a solid surface in a one-step process and their antibacterial and anti-inflammatory properties. *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 21, Issue 6, November 2014, Pages 1916–1920. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.11.022>

16. Jose Bolaños-Cardet, Daniel Ruiz-Molina, Victor J. Yuste, Salvio Suárez-García. Bioinspired phenol-based coatings for medical fabrics against antimicrobial resistance. *Chemical Engineering Journal*, Volume 481, 1 February 2024, Article 148674. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.148674>

17. Huiyu Jiang, Wei Zeng, Hongwen Mei, Wen Zhang, Xing-Xiang Ji. Stability assessments of coloration and functionalization of cationic cotton fabric using flavonoid-rich extracts from *Zanthoxylum bungeanum* pericarps. *Industrial Crops and Products*, Volume 224, February 2025, Article 120398. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.120398>

18. Wen Wen, Qiang Zhang, Yuanzhang Jiang, Ruifang Zhao, Jianming Chen, Yidong Shi, Lin Tan. Green modifications for rendering cotton fabric with antibacterial, anti-mite, and mosquito-repellent functions using single natural eugenol. *Chemical Engineering Journal*, Volume 492, 15 July 2024, Article 152194. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.152194>

19. Jie Zhang, Liwei Hu, Qiang Zhang, Chuan Guo, Chenyi Wu, Yidong Shi, Rui Shu, Lin Tan. Polyhexamethylene guanidine hydrochloride modified sodium alginate nonwoven with potent antibacterial and hemostatic properties for infected full-thickness wound healing. *International Journal of Biological Macromolecules*, Volume 209, Part B, 1 June 2022, Pages 2142–2150. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.04.194>

20. Chang Zhang, Fang Cui, Guang-ming Zeng, Min Jiang, Zhong-zhu Yang, Zhi-gang Yu, Meng-ying Zhu, Liu-qing Shen. Quaternary ammonium compounds (QACs): A review on occurrence, fate and toxicity in the environment. *Science of The Total Environment*, Volumes 518–519, 15 June 2015, Pages 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.007>

21. Xiaolu Tian, Di Wang, Yihan Li, Zhe Xu, Xueyan Ren, Qingjun Kong. Preparation and characterization of emulsions of soy protein isolate-chitosan quaternary ammonium salt complexes and peppermint essential oil with extended release effect. *Food Hydrocolloids*, Volume 142, September 2023, Article 108779. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108779>
22. Biaobiao Yan, Yiwen Ren, Shulin Ding, Man Zhou, Li Cui, Yuanyuan Yu, Qiang Wang, Bo Xu, Ping Wang. A facile strategy for preparing silk fabrics with rapid photothermal antibacterial ability. *Composites Communications*, Volume 34, October 2022, Article 101260. DOI: 10.1016/j.coco.2022.101260 <https://doi.org/10.1016/j.coco.2022.101260>
23. Liling Li, Yongling Mai, Yuanfeng Wang, Shiguo Chen. Stretchable unidirectional liquid-transporting membrane with antibacterial and biocompatible features based on chitosan derivative and composite nanofibers. *Carbohydrate Polymers*, Volume 276, 15 January 2022, Article 118703. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118703>
24. Zhonghua Mai, Zhewen Xiong, Xin Shu, Xin Liu, Hongwei Zhang, Xianze Yin, Yingshan Zhou, Min Liu, Ming Zhang, Weilin Xu, Dongzhi Chen. Multifunctionalization of cotton fabrics with polyvinylsilsesquioxane/ZnO composite coatings. *Carbohydrate Polymers*, Volume 199, 1 November 2018, Pages 516–525. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.07.052>
25. Qing Wang, Huiqi Gu, Yuxin Xu, Jiahao Zhu, Yutong Sun, Haitao Niu, Hua Zhou. A sustainable, natural herb-based coating for fabrication of robust, fluorine-free superhydrophobic fabrics with antioxidant and antibacterial properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, Available online 18 February 2026, Article 151017. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2026.151017>
26. Maiping Yang, Feifei Zhang, Zhuoyuan Jing, Wanan Wang, Guoyong Feng, Xiaowen Liu, Le Wang, Chen Wang, Lin Liu, Lei Xu. Recent advances in antibacterial fibers and fabrics: Mechanism, materials, fabrication and applications. *Chemical Engineering Journal*, Volume 531, 1 March 2026, Article 174110. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2026.174110>
27. Yanyu Chen, Shoujuan Wang, Guichun Hu, Fangong Kong, Jinguang Hu. Ultraviolet protection and antibacterial properties of textile fabric made of silver nanoparticles/alkaline lignin/regenerated cellulose fiber. *Industrial Crops and Products*, Volume 233, 1 October 2025, Article 121366. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.121366>
28. Jinxin Lan, Yao Wu, Changmei Lin, Jiazhen Chen, Ruiqi Zhu, Xiaojuan Ma, Shilin Cao. Totally-green cellulosic fiber with prominent sustained antibacterial and antiviral properties for potential use in spunlaced non-woven fabric production. *Chemical Engineering Journal*, Volume 464, 15 May 2023, Article 142588. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.142588>
29. Tian Sun, Xiangkun Ran, Mingyue Cao, Jiaqi Liu, Yanrui Su, Linjun Duan, Dan Liang, Zihao Xia, Wa Gao, Hanqing Zhao. Synthesis of Cu₂O/CuZnAl-LDHs heterojunction photocatalyst with enhanced antibacterial efficiency for personal protective equipment. *Environmental Research*, Volume 280, 1 September 2025, Article 121927. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121927>
30. Luz E. Román, Enrique D. Gomez, José L. Solís, Mónica M. Gómez. Antibacterial Cotton Fabric Functionalized with Copper Oxide Nanoparticles. *Molecules*, 2020, 25(24), 5802. <https://doi.org/10.3390/molecules25245802>
31. Wenjia Dan, Jixiang Gao, Xiaohui Qi, Junru Wang, Jiangkun Dai. Antibacterial quaternary ammonium agents: Chemical diversity and biological mechanism. *European Journal of Medicinal Chemistry*, Volume 243, 5 December 2022, Article 114765. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2022.114765>
32. Liwen Shen, Jingjing Jiang, Jun Liu, Feiya Fu, Hongyan Diao, Xiangdong Liu. Cotton fabrics with antibacterial and antiviral properties produced by a simple pad-dry-cure process using

diphenolic acid. *Applied Surface Science*, Volume 600, 30 October 2022, Article 154152. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2022.154152>

33. Ping Li, Bin Wang, Yan-Yan Liu, Ying-Jun Xu, Zhi-Ming Jiang, Chao-Hong Dong, Lin Zhang, Yun Liu, Ping Zhu. Fully bio-based coating from chitosan and phytate for fire-safety and antibacterial cotton fabrics. *Carbohydrate Polymers*, Volume 237, 1 June 2020, Article 116173. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116173>

34. Mengyue Wang, Na Yi, Kuanjun Fang, Zhihui Zhao, Ruyi Xie, Weichao Chen. Deep colorful antibacterial wool fabrics by high-efficiency pad dyeing with insoluble curcumin. *Chemical Engineering Journal*, Volume 452, Part 2, 15 January 2023, Article 139121. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.139121>

35. Xiaorong Fu, Yun Shen, Xue Jiang, Dan Huang, Yiqi Yan. Chitosan derivatives with dual-antibacterial functional groups for antimicrobial finishing of cotton fabrics. *Carbohydrate Polymers*, Volume 85, Issue 1, 22 April 2011, Pages 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.02.019>

36. Garima Rathee, Antonio Puertas-Segura, Jeniffer Blair, Tzanko Tzanov. From lab to pilot: sonochemical coating of PDDA-based polymer dots for scalable, wash-durable antibacterial textiles. *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 122, November 2025, Article 107619. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107619>

37. Yugang Song, Rongli Li, Shunlin Yang, Hong Yu, Yanziwen Zhang, Lihua Zhang, Haibo Xie. Tannic acid mediated surface functionalization of polylactic acid nanofiber films for in situ AgNPs immobilization: antioxidant, antibacterial and fresh-keeping properties. *Progress in Organic Coatings*, Volume 209, December 2025, Article 109589. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2025.109589>

38. Tianxiang Gao, Yan Zhu, Jian Zhao, Zhe Yang, Tao Shen, Mingrong Dong, Jinkun Liu, De-Quan Yang. Hierarchically engineered nonwoven/hydrogel composites incorporating ZnO/Fe₂O₃ heterojunctions: Synergistic mechanical reinforcement and antibacterial mechanisms. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Volume 742, Part 2, 5 August 2026, Article 140491. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2026.140491>

39. Dominika Glažar, Brigita Tomšič, Ivan Jerman, Raghuraj S. Chouhan, Andraž Šuligoj, Matija Zorc, Albin Pintar, Janez Kovač, Andraž Krajnc, Francisco Ruiz-Zepeda, Barbara Simončič. Surface-engineered Ag/TiO₂/graphitic carbon nitride nanocomposites on cotton textiles for multifunctional photocatalytic, UV shielding, and antibacterial performance. *Applied Surface Science*, Volume 721, 1 March 2026, Article 165446. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2025.165446>

40. Dunhua Hong, Guangzhong Cao, Junle Qu, Yuanming Deng, Jiaonin Tang. Antibacterial activity of Cu₂O and Ag co-modified rice grains-like ZnO nanocomposites. *Journal of Materials Science & Technology*, Volume 34, Issue 12, December 2018, Pages 2359–2367. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2018.06.011>

Рецензент: д.т.н., профессор Ишматов А.Б.

Технологический университет Таджикистана

МАТЕРИАЛҲОИ НАССОЧИИ АНТИБАКТЕРИАЛӢ ВА БИСӢРФУНКЦИОНАЛӢ: РАВИШҲОИ МУОСИР ВА ҲАЛӢҲОИ НАНОТЕХНОЛОӢ

Дар мақола равишҳои муосири илмӣ ва технологӣ оид ба таҳияи маводи нассочии дорои хосиятҳои антибактериалӣ ва бисёрфунксионалӣ бо истифода аз дастовардҳои нанотехнология таҳлил карда шудаанд. Усулҳои модификатсияи матоъҳои пахтагӣ ва

абрешимӣ тавассути нанозарраҳои оксиди рух (ZnO), нукра (Ag), мис (Cu), тилло (Au), инчунин системаҳои гибридии микро- ва наноструктурӣ баррасӣ гардидаанд. Нишон дода шудааст, ки ҷойгир намудани нанокomпонентҳои функционалӣ дар сатҳи маводи нассоҷӣ имконият медиҳад, ки ба онҳо маҷмӯи хосиятҳои нав, аз ҷумла ғайолияти баланди антибактериалӣ, муҳофизат аз таъсири нур, электргузаронӣ, обногузаронӣ ва супергидрофобӣ дода шавад. Ба натиҷаҳои таҳқиқоти таҷрибавӣ оид ба самаранокии матоъҳои модификацияшуда бар зидди микроорганизмҳои *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ва *Candida albicans* таваҷҷуҳи махсус зоҳир карда шудааст. Муайян гардидааст, ки рӯйпӯшҳои наноструктурии ба таври оптималӣ ташаккулёфта метавонанд ғайолияти функционалиии худро ҳатто баъд аз давраҳои такрорӣ шустан нигоҳ доранд. Ин хусусият яке аз нишондиҳандаҳои муҳими устувории истифодабарии маводи нассоҷиҳои функционалӣ ба ҳисоб меравад. Нақши биополимерҳо, аз ҷумла хитозан ва полидофамин, дар мустаҳкам намудани нанозарраҳо дар сатҳи нахҳо ва баланд бардоштани мутобиқати биологӣ мавод таҳлил шудааст. Имкониятҳои истифодаи барқароркунандаҳо ва устуворкунандаҳои табиӣ, аз ҷумла экстракти тухми хурмо, ҳамчун алтернатива ба моддаҳои кимиёвии зараровар мавриди баррасӣ қарор гирифтаанд. Муайян карда шудааст, ки истифодаи якҷояи нанозарраҳои металлӣ, биополимерҳо ва технологияҳои аз ҷиҳати экологӣ беҳатар самти ояндадори истеҳсоли нассоҷиҳои функционалиии насли нав мебошад. Маводи таҳияшаванда метавонанд дар истеҳсоли бандинаҳои тиббӣ, маҳсулоти санитарии гигиенӣ, либосҳои муҳофизатӣ ва махсус, маводи филтркунанда ва системаҳои «нассоҷиҳои зеҳнӣ» васеъ истифода шаванд.

Калимаҳои калидӣ: матоъҳои антибактериалӣ, нанозарраҳои ZnO, нанозарраҳои нукра, нанозарраҳои мис, нанозарраҳои тилло, хитозан, полидофамин, микросфераҳои гибридӣ, маводи нассоҷиҳои бисёрфункционалӣ, супергидрофобӣ, электргузаронӣ, нассоҷиҳои тиббӣ, нассоҷиҳои зеҳнӣ, усулҳои аз ҷиҳати экологӣ тоза.

ANTIBACTERIAL AND MULTIFUNCTIONAL TEXTILE MATERIALS: MODERN APPROACHES AND NANOTECHNOLOGICAL SOLUTIONS

The article provides an analysis of modern scientific and technological approaches to the development of antibacterial and multifunctional textile materials based on advances in nanotechnology. Particular attention is given to the modification of cotton and silk fabrics using zinc oxide (ZnO), silver (Ag), copper (Cu), and gold (Au) nanoparticles, as well as hybrid micro- and nanostructured systems. It is shown that the incorporation of functional nanocomponents onto textile surfaces can impart a combination of advanced properties, including pronounced antibacterial activity, photoprotective performance, electrical conductivity, water repellency, and superhydrophobicity. Experimental results concerning the effectiveness of modified textile materials against microorganisms such as *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans* are discussed. Properly formed nanostructured coatings have been shown to retain a significant level of functional activity even after repeated washing cycles, which is an important indicator of the durability and practical applicability of functional textiles. The role of biopolymers, particularly chitosan and polydopamine, in improving nanoparticle adhesion to fibrous substrates and enhancing the biocompatibility of the resulting materials is considered. The potential use of natural reducing and stabilizing agents, including date seed extract, as environmentally friendly alternatives to conventional chemical reagents is also examined. The analysis demonstrates that the combined application of metallic nanoparticles, biopolymers, and sustainable processing methods represents a promising strategy for the development of next-generation functional textiles. Such materials have

considerable potential for use in medical dressings, hygienic products, protective and specialized clothing, filtration systems, and various smart textile applications.

Keywords: antibacterial fabrics, ZnO nanoparticles, silver nanoparticles, copper nanoparticles, gold nanoparticles, chitosan, polydopamine, hybrid microspheres, multifunctional textile materials, superhydrophobicity, electrical conductivity, medical textiles, smart textiles, environmentally friendly methods.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Мамадҷонова Сурайёхон Азизовна – доктори PhD, дотсент, Донишкадаи нассочӣ ва саноати сабуки Тошканд (Ҷумҳурии Ўзбекистон). e-Mail: surayyoxon91@mail.ru, SPIN: 4660-1027. ORCID: 0000-0003-1570-2286.

Тошпулатов Салих Шукуровиҷ – академик, доктори илмҳои техникаӣ, профессор, Донишкадаи нассочӣ ва саноати сабуки Тошканд (Ҷумҳурии Ўзбекистон). e-Mail: ssht61@mail.ru. SPIN: 4543-0580. ORCID: 0000-0001-5483-2644.

Эгамова Дилафруз Баротовна – аспирант, Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон. e-Mail: dilafruz.egamova.82@mail.ru. ORCID: 0009-0009-3872-2571.

Олимбойзода Парвина Аҳмадбек – номзади илмҳои техникаӣ, дотсент, Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон. e-Mail: parish0707@mail.ru. ORCID: 0009-0007-9811-1508.

Сведения об авторах:

Мамаджанова Сурайёхон Азизовна – доктор PhD, доцент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (Республика Узбекистан). e-Mail: surayyoxon91@mail.ru. SPIN: 4660-1027. ORCID: 0000-0003-1570-2286.

Ташпулатов Салих Шукуровиҷ – академик, доктор технических наук, профессор, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (Республика Узбекистан). e-Mail: ssht61@mail.ru. SPIN: 4543-0580. ORCID: 0000-0001-5483-2644.

Эгамова Дилафруз Баротовна – аспирант, Технологический университет Таджикистана. e-Mail: dilafruz.egamova.82@mail.ru. ORCID: 0009-0009-3872-2571.

Олимбойзода Парвина Аҳмадбек – кандидат технических наук, доцент, Технологический университет Таджикистана. e-Mail: parish0707@mail.ru. ORCID: 0009-0007-9811-1508.

Information about the authors:

Mamadjanova Surayyokhon Azizovna – PhD, associate professor, Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Republic of Uzbekistan). e-Mail: surayyoxon91@mail.ru. SPIN: 4660-1027. ORCID: 0000-0003-1570-2286.

Tashpulatov Salikh Shukurovich – academician, doctor of technical sciences, professor, Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Republic of Uzbekistan). e-Mail: ssht61@mail.ru. SPIN: 4543-0580. ORCID: 0000-0001-5483-2644.

Egamova Dilafruz Barotovna – postgraduate student, Technological University of Tajikistan. e-Mail: dilafruz.egamova.82@mail.ru. ORCID: 0009-0009-3872-2571.

Olimboyzoda Parvina Ahmadbek – candidate of technical sciences, associate professor, Technological University of Tajikistan. e-Mail: parish0707@mail.ru. ORCID: 0009-0007-9811-1508.

СОВРЕМЕННЫЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

¹Эгамова Д.Б., ¹Олимбойзода П.А., ¹Яминзода З.А., ²Мамаджанова С.А.

¹Технологический университет Таджикистана

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

В статье представлен обзор современных технологических решений, направленных на повышение эксплуатационных и функциональных свойств текстильных материалов. Рассматриваются методы термоформования, обеспечивающие создание изделий с дифференцированными зонами прочности и гибкости, а также внедрение фазово-переходных материалов (PCM) посредством микроинкапсуляции для терморегуляции и адаптивности тканей. Особое внимание уделено разработке клеевых композиций и многослойных покрытий, повышающих механическую стойкость и огнестойкость хлопчатобумажных материалов. Приведены примеры применения модифицированного хитозана для улучшения антипиллинговых свойств кашемировых тканей, а также углеродных наноструктур для создания проводящих текстильных систем. Рассматриваются инновации в области спортивной одежды, обуви, медицинских изделий и защитных материалов, включая полиуретанмочевинные композиции, полиэтиленовые пряжи с терморегулирующими характеристиками и нетканые композиты с водоотталкивающими свойствами. Анализ патентов и экспериментальных исследований подтверждает перспективность интеграции химических и нанотехнологических подходов для создания многофункциональных текстильных систем нового поколения. Полученные результаты демонстрируют возможности повышения комфорта, безопасности и устойчивости текстильных изделий, что открывает новые направления их применения в спорте, медицине и высокотехнологичных отраслях.

Ключевые слова: термоформование, фазово-переходные материалы, огнестойкость, хитозан, наноструктуры, функциональные текстильные системы, спортивная одежда, интеллектуальные материалы

1. Введение. Современное развитие текстильной науки смещает акцент с традиционных характеристик тканей на их многофункциональность, адаптированную к требованиям спорта, медицины и высоких технологий. В последние годы особое внимание уделяется интеграции химических и нанотехнологических решений, позволяющих повысить долговечность, комфорт и адаптивность текстильных материалов и изделий [1, 2, 3].

Одним из ключевых направлений является термоформование, обеспечивающее создание изделий с дифференцированными зонами прочности и гибкости. Эта технология особенно востребована в спортивной индустрии и производстве защитных материалов, где требуется сочетание механической устойчивости и комфорта [4-6]. Дополнительно перспективным считается внедрение фазово-переходных материалов (PCM), способных аккумулировать и высвобождать тепло, что открывает возможности для создания интеллектуальных систем терморегуляции. Микроинкапсуляция PCM признана наиболее эффективным методом их интеграции в текстиль, обеспечивая адаптивные свойства тканей в зависимости от внешней температуры [7, 8, 9].

Наряду с этим активно развиваются методы повышения огнестойкости тканей, включая многослойные покрытия и клеевые композиции. Исследования показывают, что

использование органо-неорганических систем, таких как покрытия на основе SiO_2 и биополимеров, значительно увеличивает индекс ограниченного кислорода (LOI) и снижает тепловыделение при горении [7, 8].

Инновационные разработки также охватывают модификацию биополимеров, например хитозана, для улучшения анти-пилильных свойств кашемировых тканей [9, 10]. Использование углеродных наноструктур (графит, углеродные нанотрубки) позволяет создавать проводящие текстильные материалы, применимые в носимой электронике и сенсорных системах [8, 9, 11, 12]. Эти подходы формируют основу для разработки интеллектуальных и экологически устойчивых материалов нового поколения.

Цель настоящего обзора – на основе анализа систематизировать современные методы модификации текстильных материалов, выделить ключевые технологические решения и обозначить перспективные направления их применения в спорте, медицине и высокотехнологичных отраслях.

2. Современные направления разработки интеллектуальных текстильных материалов и изделий на основе модификации

Развитие интеллектуальных технологий и сенсорных платформ трансформирует одежду из пассивной оболочки в активную систему, способную к мониторингу физиологических параметров, обмену данными и реализации исполнительных функций [13]. Целью данного раздела является систематизировать ключевые подходы к проектированию интеллектуальных материалов и изделий с акцентом на технологические и функциональные решения.

В рамках исследования электронный текстиль рассматривается как функциональное ядро интеллектуальных изделий нового поколения; обзор архитектур сенсорных платформ, принципов действия тензо-, химических и электрофизиологических сенсоров и методов их интеграции в текстильные конструкции. Рассмотрены классификация сенсорных функций, материалы (графен, углеродные нанотрубки, PEDOT:PSS и др.), инженерные примеры и результаты испытаний, а также ограничения масштабируемости, эргономичности и биосовместимости, что обосновывает перспективность интеллектуального текстиля для специальных изделий, медицины, спорта, реабилитации и носимой электроники.

Проведённый анализ формирует основу для последующего обоснования принципов цифрового проектирования и изготовления изделий, обладающих интеллектуальной активностью, персонализируемой адаптацией и функциональной трансформацией, рассматриваемой как средство повышения универсальности и потребительской ценности при одновременном снижении ресурсной нагрузки на стадиях производства и эксплуатации.

Анализ токопроводящих текстильных структур и сенсорных компонентов в системах интеллектуальных материалов и изделий. Особый интерес исследователей к токопроводящим текстильным изделиям связан с широким диапазоном областей их потенциального применения, включая изготовление «умной» одежды, обладающей дополнительной функциональностью [14-16]. Токопроводящие текстильные полотна, называемые рядом специалистов «электронными тканями» (e-fabric), могут изготавливаться путем ткачества (ткани), вязания (трикотаж), плетения (сетки), путем нетканого соединения (нетканые полотна), вышивки проводящими нитями [17] или печати токопроводящими чернилами [18, 19]. Электронные текстильные полотна отличаются легкостью, гибкостью, эластичностью, прочностью [20], устойчивостью к стиркам и другим видам чистки [21], экономичностью, экологичностью [22], а также меньшей заметностью по сравнению с их твердыми функциональными аналогами [23].

Токопроводящие текстильные структуры создают как на уровне пряжи [24], так и на уровне ткани [25]. Электропроводящими компонентами могут быть волокна, пряжа, полотна, вышивка, и отделка, включая полимерное покрытие [26]. Электропроводящие нити могут вводить в структуру полотна в процессе его производства [21] или прикреплять к его поверхности с помощью вышивки или зигзагообразных строчек, обеспечивающих достаточную растяжимость полотен [24]. Преимуществом формирования электропроводимости на уровне полотна является легкость его интеграции в повседневную одежду [20].

Для формирования электропроводимости в структуру текстиля вводят неорганические и органические токопроводящие компоненты в микроструктурированной и наноструктурированной формах [27], к которым следует отнести:

- проводящие ток полимеры; для покрытия текстиля используют органические токопроводящие легированные полимеры, отличающиеся экологической стабильностью во внешних условиях, такие как полиацетилен [28], полипиррол (PPy) [29, 30], полианилин [31], политиофен в форме поли-3,4-этилендиокси-тиофена [21, 25, 28]; при покрытии текстильных полотен фторополимером возникает нечувствительность к загрязнению, влажности или маслянистости кожи человека при прямом контакте с ней благодаря изоляции трибоэлектрического воздействия проводящих элементов [29]; при покрытии трикотажа токопроводящим силиконовым эластомером можно фиксировать изменение формы материала [20]; с возрастанием жесткости используемых полимерных композитов [22] происходит пропорциональное увеличение растяжимости токопроводящего полотна [29, 33];
- частицы и сплавы серебра [34-36], например, инкорпорируемые путем осаждения наночастиц серебра из растворов нитрата серебра различной концентрации [31] или серебряного покрытия уточных нитей в жаккардовой ткани [17];
- модифицированный углерод [37, 38], используемый для повышения проводимости текстиля путем покрытия шелка графеновыми наноструктурами [33] или осаждением дисперсии оксида графена на хлопчатобумажную ткань вакуумной фильтрацией [22];
- кремний в виде длинных нанопроволок [39] или силикагеля [40];
- медь [35, 36, 41, 42], в том числе в виде латуни [28];
- никель [35], в том числе в виде сверхэластичного сплава NiTi, выступающего сердечником текстильной нити и используемого для запоминания формы поверхности ткани и ее восстановления после сминания [43];
- алюминий [28];
- нержавеющей сталь [35, 36, 38, 42].

Текстильные датчики нового поколения позволяют воспринять механические, термальные, химические, электрические, магнитные и оптические изменения окружающей их среды [28]. Датчики можно описать как «устройства, которые обнаруживают изменение физического раздражителя и преобразуют его в сигнал, который можно измерить или записать» [20]. Функциональность сенсоров зависит от уровня интеграции токопроводящих элементов в структуру текстильной основы за счет ее внутренних или внешних модификаций [44]. Для разработки сенсоров на текстильной основе в основном используют две измерительные технологии: резистивную [20, 39] и емкостную [45, 46], которые обеспечивают быстрое время отклика, что важно для применения датчиков в реальных условиях. От степени проводимости материала зависит общая производительность датчика при повторяющейся нагрузке [20].

Текстильные датчики отличаются удобством калибровки и настройки параметров измерительной системы, невысокой стоимостью, тонкостью, растяжимостью, легкостью, пригодностью к обработке водой, робастностью, простотой в использовании, работоспособностью, прочностью, хорошими фрикционными свойствами, способностью к интерактивной мобильной передаче электронного сигнала [25, 28, 47]. Например, тензодатчики, вязанные из волокон вискозы и полиэфира с покрытием на основе полииофена, при удлинении на 5-50% изменяют электрические свойства, что предоставляет возможность использовать их в качестве измерительного инструмента, отличающегося хорошими эксплуатационными свойствами [25].

Текстильные датчики имеют большой потенциал для применения в биомедицине, робототехнике, автомобилестроении и носимой электронике [47]. Благодаря эффективности получения полезной информации о здоровье токопроводящие текстильные сенсоры используются в качестве клинического инструмента, полезного при диагностике заболеваний, в процессе реабилитации и спортивной активности [48]. Поскольку одежда находится в непосредственном контакте практически с 90% поверхности кожи человека, то использование неинвазивных текстильных датчиков повышает комфортность и безопасность для домашнего и амбулаторного мониторинга здоровья, способствует профилактике заболеваний [49].

«Умная» одежда как система представляет собой текстильное изделие, способное воспринимать биомеханические сигналы, трансформировать их в электрический сигнал для беспроводной передачи данных с помощью компьютерного оборудования и программного обеспечения [37, 50]. Интеллектуальные системы, основанные на использовании носимых токопроводящих текстильных датчиков и специального алгоритма дистанционной обработки данных от каждого из них [51], позволяют определять изменение биометрических, биофизиологических характеристик человека [52] и условий окружающей среды, среди которых можно выделить:

- частоту сердечных сокращений для контроля за физическим состоянием организма [17, 21, 35, 42, 53-58];
- частоту дыхания для контроля физиолого-психологического состояния пациентов [25, 40, 54-56, 58-60];
- температуру кожи тела человека для его клинической диагностики [41, 56, 61] или температурные колебания окружающей среды [44];
- влажность [44, 45];
- давление [44, 62];
- наличие химических веществ в окружающей среде [44, 63, 64];
- состав тела, определяемый путем анализа количества жира, жидкости, мышечной и костной массы в организме человека [53];
- характер и результативность движений тела человека, его конечностей и отдельных суставов для медицинского, спортивного и социального мониторинга [25, 35, 39, 55, 65, 66, 67-69];
- особенности походки [69], включая кинематику, кинетику движений нижних конечностей и электромиографию, для диагностики заболеваний и реабилитации [48]; выявление избыточной пронации и супинации при ходьбе и беге для предотвращения таких травм, как растяжение голеностопного сустава, тендинит ахиллова сухожилия и т.п., что важно для профилактики травматизма не только у профессиональных спортсменов, но и у населения в целом [51];
- местоположение потребителя [26].

По степени интеллектуализации «умный» текстиль подразделяют на три группы [70]:

- 1) «пассивно-умные» материалы, ощущающие изменения окружающей среды;
- 2) «активно-умные» материалы, реагирующие на изменения окружающей среды;
- 3) «интеллектуальные» материалы, способные адаптировать свою реакцию на окружающую обстановку [26].

«Умный» текстиль позволяет передать данные, полученные с помощью текстильных датчиков, в блок управления и затем – на ПК или мобильный телефон с помощью беспроводной технологии без какого-либо искажения выходного сигнала [66].

В настоящее время «умные» текстильные полотна используются:

- для непрерывного считывания и измерения температуры на поверхности человеческого тела в течение длительного периода в стационарных и динамических условиях, что ценно для клинической диагностики [61];
- для обеспечения антибактериальной и цитотоксической активности материалов (например, против *S. aureus* и *E. coli*) [31];
- для защиты от электромагнитных полей [29, 41, 71];
- для создания носимых электронных устройств, включая гибкую оптоэлектронику и дисплеи [39, 72].

Одежда представляет собой повседневную и индивидуальную среду для каждого человека, которую удобно использовать практически в любом месте и в любое время. Повышение интеллектуализации этой повседневной среды позволяет получать множество дополнительных персонализированных услуг путем реагирования на термальные, механические, физико-химические и другие сигналы [26]. Использование «умных» электронных тканей для изготовления плотно облегающей одежды позволяет считывать с тела человека содержательную информацию, не мешая нормальной жизнедеятельности [24]. В качестве перспективных областей применения можно выделить следующие виды плотно облегающих изделий, изготовленных из токопроводящих текстильных полотен:

- костюмы, футболки, трико, носки и перчатки для беспроводного контроля за физиологическим состоянием и движениями человека, позволяющие избежать дополнительного вмешательства в распорядок дня пациентов для медицинского мониторинга и физической реабилитации [25, 37, 58, 73-75];
- «умные» прилегающие рубашки с рисунком проводящими чернилами в области груди, позволяющие измерить изменение сигнала ЭКГ во время ходьбы, бега и другой интенсивной физической нагрузки [57, 76-78];
- «умная» одежда для контроля за сердечно-сосудистой активностью во время сна, апробированная при микрогравитации в условиях космических полетов [56];
- детский беспроводной костюм с датчиками, интегрированными в его пояс, для контроля сердечно-сосудистой и респираторной деятельностью организма детей в условиях стационара [54, 79, 80];
- детское нижнее белье для измерения дыхательного ритма младенцев с помощью интегрированных в него миниатюрных тканых датчиков [60];
- «умная» спортивная одежда [5, 46] для контроля за движениями человека [25, 55] путем детального виртуального фиксирования особенностей перемещения отдельных суставов во время различной физической активности [20], в том числе для предупреждения падений больных [69];

– «умные» носки со встроенными пятью датчиками давления для оценки степени пронации и супинации походки путем контроля за давлением на различных частях стопы, позволяющего характеризовать особенности шагов [51];

– «умные» рубашки, купальники и перчатки, считывающие и описывающие позу и движения одетого человека, применяемые в области искусства, спорта и мультимедийных средств [37, 52];

– трикотажная одежда для одиноких пожилых людей (в Японии), функционирующая как система для мониторинга повседневной жизнедеятельности путем анализа движений их туловища и конечностей [66];

– «умная» профессиональная и повседневная одежда, предназначенная для контролируемой защиты от окружающей среды [63, 64];

– «умная» электронная одежда, автоматически распознающая активность и поведенческий статус пользователя, а также окружающую его среду, чтобы использовать эту информацию для настройки конфигурации и функциональности системы его жизнедеятельности [23, 81];

– куртки и перчатки («Levi Strauss Europe») с интегрированной носимой электроникой («Philips Research»), электроды которой активируются при соприкосновении с кожей ладони владельца через ткань [82];

– «умная» функциональная одежда для армии, предназначенная для специализированной деятельности [26, 41];

– швейные изделия, предназначенные для проведения антропометрических исследований в динамике [83, 84] и для измерения давления одежды на тело человека [62, 85-87].

Таким образом, токопроводящие текстильные структуры и сенсорные компоненты формируют технологическую основу интеллектуальной одежды. Вариативность решений – от композитов на основе проводящих полимеров до наноструктурированных металлов – позволяет интегрировать е-текстиль в изделия различного назначения (медицина, спорт, профессиональная одежда), обеспечивая расширение функций от биофидбэка и удалённой диагностики до контроля движений и параметров среды при сохранении гибкости и комфортности носки. Логическим продолжением сенсорно-коммуникационного слоя выступает приводная адаптация конструкции, реализуемая на базе материалов с эффектом памяти формы (ППФ, СПФ NiTi), переводящих систему от мониторинга к управляемой трансформации изделия.

Материалы с эффектом памяти формы (МПФ) – функциональный класс композиций, способных к обратимому изменению геометрии под действием внешних факторов; в адаптивной одежде они применимы для динамического облегания, микроклиматического регулирования и конструктивной трансформации. Наиболее распространены полимерные ППФ и металлические СПФ, в том числе NiTi; систематизированный обзор принципов действия, типов воздействий и примеров инженерно-дизайнерской реализации приведен в работе [88].

Современная умная одежда рассматривается как многокомпонентная система сенсорных, аналитических и исполнительных модулей, интегрированных в текстильную структуру или конструкцию изделия, что требует специальной типологизации по функциональным задачам и технологическим решениям. В качестве критериев классификации используются: характер взаимодействия с телом, степень автономности, архитектура и интеграция модулей, тип сенсоров и исполнительных компонентов, сценарии эксплуатации и

целевые группы. Как научное направление умная одежда формируется с 1990-х годов (первичные военные сенсорные прототипы в США) и далее распространяется на медицину, спорт и моду; к 2000-м появляются гибкие электронные ткани, а в 2020-е к разработкам подключаются крупные корпорации, включая Apple. На рис. 1. показан рост патентной активности е-текстиля в 1996–2024 гг.: от единичных заявок в конце 1990-х до экспоненциального увеличения (более 100 заявок в середине 2000-х, около 700 к 2015 г. и оценочно свыше 1500 к 2024 г.).

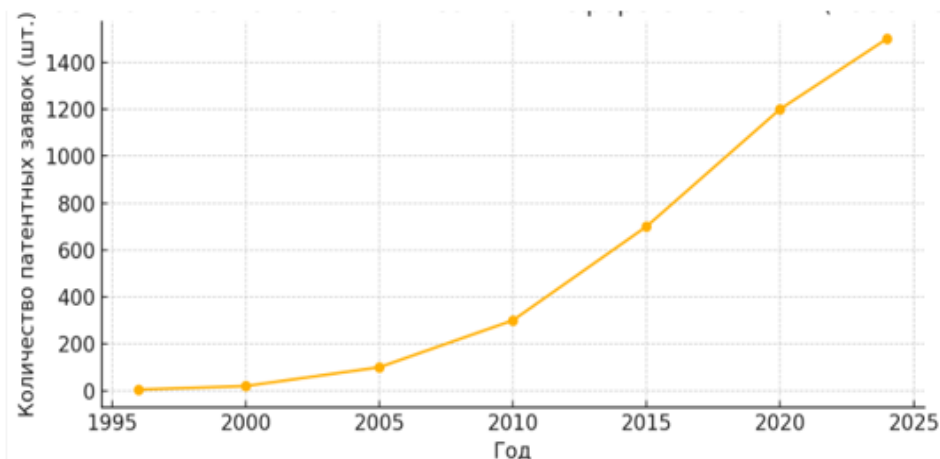


Рисунок 1. График роста количества патентных заявок в сфере е-текстиля

Приоритеты применения в 2024 г. распределяются следующим образом: «Спорт и фитнес» - 30 %, «Медицина и здравоохранение» - 25 %, имиджевые/сценические решения - 20 %, «Безопасность и защита» - 15 %, «Комфорт и утилитарность» - 10 % [89, 90], что указывает на зрелость рынков спорта и медицины при сохраняющейся перспективности развлекательных и защитных сценариев.

Архитектура умной одежды обычно описывается иерархией модулей (рис. 2): сенсорный блок (преобразование физических величин в сигнал), коммуникационный блок (Bluetooth/Wi-Fi/NFC), модуль управления и обратной связи (анализ сигналов и генерация реакции), интерактивный интерфейс (кнопки/жесты/голос/текстильные панели), а также подсистема энергоснабжения и интеграции. Для повышения автономности активно изучаются технологии energy harvesting; уже представлены прототипы, использующие тепло тела или двигательную активность [93].

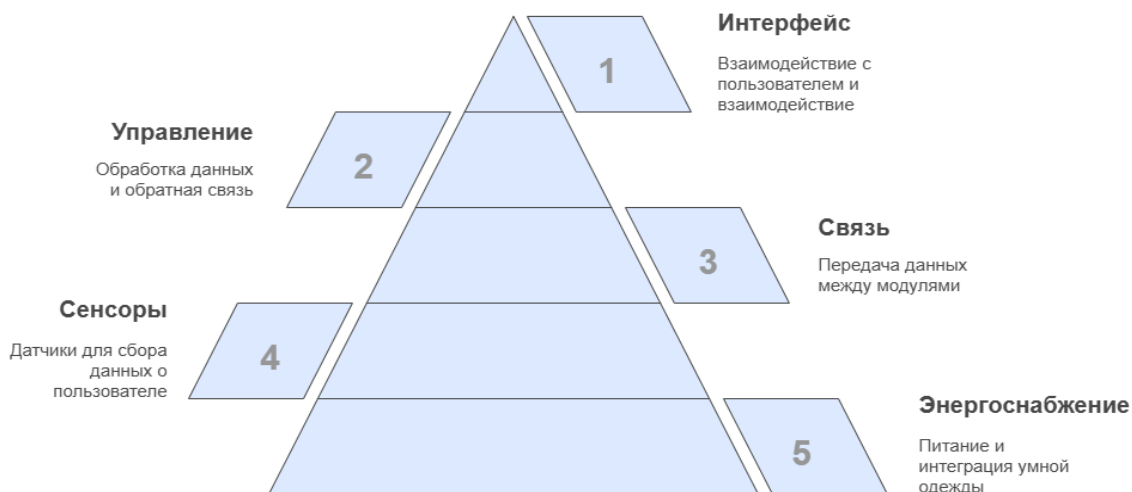


Рисунок. 2. Иерархически связанные модули в составе конструкции умной одежды

В частности, описана гибридная хлопковая ткань с органическими термоэлектрическими полимерами (2019), генерирующая ток за счёт температурного градиента, при биodeградируемости всех компонентов системы [94]; также развиваются решения на базе микро-солнечных элементов, пьезо-нитей и наногенераторов [95].

Переход от экспериментальных прототипов к рынку обусловлен миниатюризацией компонентов и ростом спроса на носимую электронику; наиболее быстро развиваются спортивный и медицинский сегменты. По данным Next Move Strategy Consultants, мировой рынок smart clothing оценивался в 2,98 млрд долл. в 2023 г. и при CAGR около 28,6 % может достичь 17,41 млрд долл. к 2030 г. [96]. Альтернативная оценка SNS Insider (GlobeNewswire, апрель 2025) указывает рост с 3,85 млрд долл. в 2023 г. до 31,32 млрд долл. к 2032 г. при CAGR ~26,2 % [97]. В целом технологическая эволюция и снижение стоимости компонентов поддерживают масштабирование умной одежды и её сопряжение с цифровыми платформами, формируя новую парадигму проектирования и эксплуатации изделий.

3. Методы химической и технологической модификации текстильных материалов

Современные подходы к модификации текстиля охватывают широкий спектр физических, химических и нанотехнологических решений, позволяющих интегрировать новые функциональные свойства в традиционные волокнистые системы.

3.1. Физико-химические методы. Классическими приёмами являются плазменная обработка, коронный разряд и термоактивация, которые повышают реакционную способность поверхности без изменения внутренней структуры волокна. Эти методы обеспечивают улучшенную адгезию и возможность последующего нанесения функциональных покрытий.

3.2. Химические методы. К ним относятся реактивное крашение, сшивание полимеров, золь-гель процессы и сополимеризация с прививкой. Например, золь-гель обработка позволяет формировать оксидные сетки (TiO_2 , ZnO), обеспечивающие защиту от ультрафиолетового излучения и фотокаталитическую активность.

3.3. Нанотехнологические подходы. В последние годы активно внедряются наночастицы серебра, диоксид титана, углеродные нанотрубки и графен. Эти материалы придают текстилю антимикробные свойства, электропроводность и способность к экранированию электромагнитных волн.

3.4. Инновационные биополимерные решения. Особое внимание уделяется модификации природных полимеров, таких как хитозан, с использованием органосиликоновых соединений. Это позволяет улучшить анти-пилинг свойства кашемировых тканей при сохранении мягкости и гладкости материала.

3.5. Композиционные покрытия и клеевые системы. Методы многослойной сборки (LBL) с использованием биополимеров и неорганических компонентов (например, GEL/AMP и SiO_2) значительно повышают огнестойкость хлопчатобумажных тканей. Такие покрытия обеспечивают формирование физического барьера и способствуют образованию углеродистых остатков при термическом воздействии.

3.6. Интеграция функциональных волокон. Разработка полиуретанмочевинных и полиэтиленовых волокон с модифицированной структурой позволяет создавать ткани с повышенной прочностью, эластичностью и терморегулирующими характеристиками. Эти материалы перспективны для спортивной одежды и медицинских изделий.

Таким образом, современные методы модификации текстильных материалов обеспечивают комплексное улучшение эксплуатационных характеристик, включая долговечность, комфорт, биосовместимость и интеллектуальные функции.

4. Анализ результатов и результаты исследования

Проведённые исследования подтвердили эффективность современных химических и нанотехнологических решений для повышения долговечности и функциональности текстильных материалов.

4.1. Термоформование и фазово-переходные материалы (PCM). Метод термоформования позволил создавать изделия с дифференцированными зонами прочности и гибкости, что особенно важно для спортивной одежды и защитных покрытий [1, 2, 3]. Внедрение PCM посредством микроинкапсуляции обеспечило адаптивные терморегулирующие свойства тканей, позволяя аккумулировать и высвобождать тепло в зависимости от внешних условий [4–6]. Дополнительные исследования подтвердили эффективность органических и эвтектических PCM для спортивной индустрии и медицинских изделий [7, 8, 9].

4.2. Огнестойкость и клеевые композиции. Применение многослойных покрытий GEL/AMP и SiO₂ значительно повысило огнестойкость хлопчатобумажных тканей. Образец 10BL-SiO₂@COT показал увеличение остаточного углерода при 700°C на 506,7% и значение LOI 30,3%, относящееся к категории негорючих материалов [10, 11, 12]. Дополнительно разработка клеевых композиций на основе бисфенол-А-эпоксидного новолака и РФЛ обеспечила высокую адгезию и жизнеспособность до 100 часов [10, 11]. Исследования показали перспективность применения клеевых систем для армированных полимерных изделий и шинного производства [99, 101].

4.3. Конструктивные решения и биополимерные модификации. Метод складчатой конструкции для композитного нетканого текстиля обеспечил улучшенную гибкость и воздухопроницаемость [101]. Модификация хитозана органосиликоновыми соединениями (GPTMS, GPDMS) повысила устойчивость кашемировых тканей к пиллингу до 4 уровня при сохранении мягкости и гладкости материала [102-104]. Дополнительные исследования подтвердили биосовместимость и экологическую устойчивость таких модификаций [105].

4.4. Сенсорные и проводящие системы. Анализ методов осаждения полимеров и гидрогелей показал, что выбор техники нанесения существенно влияет на морфологию поверхности и стабильность сенсоров [106-108]. Исследования углеродно-модифицированных тканей подтвердили рост электропроводности и механической стабильности [109]. Применение графена и углеродных нанотрубок позволило создать сенсорные системы для носимой электроники и медицинских устройств [110, 111].

4.5. Новые волокна и композиции. Разработка полиуретанмочевинных волокон с добавлением диалкилсульфосукцината обеспечила повышение прочности и эластичности без снижения термостойкости [112]. Трикотажные элементы для обуви с термопластическими зонами продемонстрировали улучшенные водоотталкивающие и износостойкие свойства [113]. Дополнительные исследования подтвердили перспективность применения полиуретановых волокон в спортивной и медицинской одежде [114].

4.6. Патентные решения и экологические технологии. Патенты EP 3 880 881 B1 и EP 4 214 357 B1 показали перспективность применения катионного полигалактоманнана для защиты тканей от деградации и УФ-обработки полиэфирных волокон [99-110]. Дополнительно разработка абсорбирующих нетканых структур без использования пуха обеспечила высокую впитывающую способность и комфорт при ношении. Экологически ориентированные композитные материалы с водонепроницаемыми мембранами продемонстрировали снижение энергозатрат и углеродного следа при производстве одежды.

4.7. Полиэтиленовые пряжи нового поколения. Исследования полиэтиленовой пряжи с модифицированным поперечным сечением подтвердили её способность ускорять высыхание и обеспечивать терморегуляцию за счёт высокой степени кристалличности (56–85%) и капиллярного эффекта. Дополнительно структурированные полиэтиленовые волокна показали долговечность и устойчивость к внешним воздействиям, что делает их перспективными для спортивной и летней одежды.

Проведённые исследования в области химической и нанотехнологической модификации текстильных материалов показали, что современные подходы позволяют не только повысить долговечность тканей, но и придать им новые функциональные свойства.

Общие сильные стороны:

- Термоформование и внедрение фазово-переходных материалов (PCM) обеспечивают адаптивную терморегуляцию и комфорт при эксплуатации.
- Многослойные покрытия и клеевые композиции значительно повышают огнестойкость и механическую прочность тканей.
- Биополимерные модификации (например, хитозан с органосиликоновыми соединениями) демонстрируют экологичность и биосовместимость, сохраняя мягкость и эстетические качества.
- Сенсорные и проводящие системы на основе углеродных наноматериалов открывают перспективы для носимой электроники и медицинских сенсоров.
- Новые волокна (полиуретанмочевинные, полиэтиленовые) обеспечивают сочетание прочности, эластичности и терморегуляции.
- Патентные и экологические решения способствуют снижению энергозатрат и углеродного следа при производстве одежды.

Основные ограничения:

- Высокая стоимость наноматериалов и сложность их равномерного распределения в структуре тканей.
- Необходимость дорогостоящего оборудования для нанесения многослойных покрытий и клеевых систем.
- Ограниченная долговечность некоторых модификаций при многократных циклах стирки и эксплуатации.
- Недостаточная стандартизация методов тестирования и сертификации интеллектуальных текстильных систем.

Перспективы развития:

- Массовое внедрение PCM и нанопокровов в спортивной и медицинской одежде.
- Создание экологически устойчивых композитных материалов с использованием переработанных волокон.
- Разработка интеллектуальных сенсорных тканей для мониторинга физиологических параметров человека.
- Совершенствование методов стандартизации и тестирования для обеспечения качества и безопасности новых текстильных технологий.

5. Заключение

Проведённые исследования показали, что современные химические и нанотехнологические методы модификации текстильных материалов открывают новые

горизонты для развития отрасли. Термоформование, фазово-переходные материалы, многослойные покрытия, биополимерные модификации, сенсорные системы и новые типы волокон позволяют значительно повысить долговечность, функциональность и комфорт текстильных изделий.

Основные выводы:

- Химические и нанотехнологические решения обеспечивают комплексное улучшение эксплуатационных свойств тканей: от огнестойкости и механической прочности до интеллектуальных функций и терморегуляции.
- Экологические технологии и патентные разработки способствуют снижению энергозатрат и углеродного следа, что соответствует современным требованиям устойчивого развития.
- Внедрение сенсорных и проводящих систем открывает перспективы для создания интеллектуальных текстильных изделий, применимых в спорте, медицине и носимой электронике.

Перспективы дальнейших исследований:

- Разработка экономически эффективных методов внедрения наноматериалов и РСМ в массовое производство.
- Совершенствование технологий нанесения покрытий и клеевых систем для повышения их долговечности и снижения себестоимости.
- Создание стандартов тестирования и сертификации интеллектуальных текстильных систем.
- Расширение применения экологичных композитов и переработанных волокон для устойчивого развития текстильной промышленности.

Литература:

1. Adami Giovanni, Amis Sam, Cavaliere Sergio, Green Jessica, Hipp Stephen, Hurd John, Molyneux James, Rushbrook Thomas J, Smith Timothy J, Wincek Christianna A. Textile and a Thermoformed Article and Method of Manufacturing the Textile. Application No: 22154071. Filed: Nov 9, 2017. Published: Feb 26, 2025.
2. Tyurin, I.N., Getmantseva, V.V., & Andreeva, E.G. Analysis of Innovative Technologies of Thermoregulating Textile Materials. *Fibre Chem*, 50, 1–9 (2018). <https://doi.org/10.1007/s10692-018-9918-y>
3. И.Н. Тюрин, С.Ш. Ташпулатов. Научные основы цифрового проектирования и изготовления одежды на основе принципов ресурсосбережения: монография // Курск: изд-во ЗАО «Университетская книга», 2025, - 478 с. – ISBN 978-5-00261-530-8.
4. Zhang, X., Li, D., You, F. et al. Improved thermal stability and flame retardancy levels of cotton fabrics treated by GEL/AMP layer-by-layer assembly and silica gel composite coatings. *Cellulose*, 30, 6695–6718 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05278-6>
5. Gyunter Kurts. Клеевая композиция и способ обработки армирующих вкладышей. RU2487144C2. 10.07.2013.
6. Staub, Andrea J., Zhu, Xiaojun, Koshkaroff, Iustinia. Pleat Construction for Composite Nonwoven Textile Suitable for Wearable Articles and Methods of Manufacturing the Same. Application No: CN2023/098315. Filed: Jun 5, 2023. Published: Mar 6, 2025.

7. Tian, W., Chen, L., Zhang, X. et al. Anti-pilling of Cashmere Knitted Fabric Based on Siloxane-Modified Chitosan. *Fibers Polym*, 24, 4287–4300 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12221-023-00350-18>
8. Кудринский С.В., Тюрин И.Н., Курочкина Т.А., Белгородский В.С., Ташпулатов С.Ш. Исследование свойств и определение состава экоматериалов на основе растительной кожи // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 3(399). – С. 81–85. – DOI: 10.47367/0021-3497_2022_3_81.
9. Bauer, M., Duerkop, A., & Baeumner, A.J. Critical review of polymer and hydrogel deposition methods for optical and electrochemical bioanalytical sensors. *Anal Bioanal Chem*, 415, 83–95 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00216-022-04363-2>
10. Kondratov, A.P., Lozitskaya, A.V., Baranov, V.A. et al. Electrical Conductance of Modified Carbon-Coated Fabrics. *Fibre Chem*, 54, 25–29 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10692-022-10334-1>
11. Уве Цверинг, Томас Гросс, Штефан Хютте, Андреас Эндесфельдер. Полиуретанмочевинная композиция, волокна и способ их получения. RU2249064C2. 27.03.2005.
12. Oh Gyeong Hwan. Functional Textiles. KR 20130142524 A. 30.12.2013. <https://www.lens.org/lens/patent/026-760-039-152-104/fulltext?l=en>
13. I. Tyurin, S. Tashpulatov, I. Leonova, A. Kuzmin, E. Andreeva. Bio-materials for sustainable textile-based sensing applications // E3S Web of Conferences, Voronezh, 09–13 октября 2023 года. Vol. 458. – Voronezh: EDP Sciences, 2023. – P. 02004. – DOI 10.1051/e3sconf/202345802004
14. Андреева Е. Г., Гетманцева В. В., Лаврис Е. В., Петросова И. А. Инновационные подходы и пути совершенствования процессов проектирования швейных изделий // Актуальные проблемы науки в развитии инновационных технологий для экономики региона: материалы междунар. науч.-техн. конф. – Кострома : КГТУ, 2010. – С. 125–126.
15. Гетманцева В. В., Струневич Е. Ю., Андреева Е. Г. Интеллектуализация начальных этапов проектирования моделей одежды // Дизайн и технологии. – 2008. – № 9 (51). – С. 66–71.
16. Тюрин И.Н., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г. Метод Ван-дер-Пау для измерения электропроводимости "умных" текстильных полотен // Химические волокна. – 2019. – № 2. – С. 61–68.
17. Song H. Y., Lee J. H., Kang D. et al. Textile electrodes of jacquard woven fabrics for biosignal measurement // *Journal of the Textile Institute*. – 2010. – Vol. 101, № 8. – P. 758–770.
18. Li L., Au W. M., Li Y. et al. A resistive network model for conductive knitting stitches // *Textile Research Journal*. – 2010. – Vol. 80, № 10. – P. 935–947.
19. Kazani I., De Mey G., Hertleer C. et al. About the collinear four-point probe technique's inability to measure the resistivity of anisotropic electroconductive fabrics // *Textile Research Journal*. – 2013. – Vol. 83, № 15. – P. 1587–1593.
20. Atalay O. Textile-based, interdigital, capacitive, soft-strain sensor for human motion tracking // *Materials*. – 2018. – Vol. 11, № 5. – Art. 768 (13 p.).
21. Achilli A., Bonfiglio A., Pani D. Design and characterization of screen-printed textile electrodes for ECG monitoring // *IEEE Sensors Journal*. – 2018. – Vol. 18, № 10. – P. 4097–4107.
22. Ren J., Wang C., Zhang X. et al. Environmentally-friendly conductive cotton fabric as flexible strain sensor based on hot-press reduced graphene oxide // *Carbon*. – 2017. – Vol. 111. – P. 622–630.
23. Stoppa M., Chiolerio A. Wearable electronics and smart textiles: a critical review // *Sensors*. – 2014. – Vol. 14, № 7. – P. 11957–11992.

24. Hardy D. A., Moneta A., Sakalyte V. et al. Engineering a costume for performance using illuminated LED-yarns // *Fibers*. – 2018. – Vol. 6, № 2. – Art. 35.
25. Bashir T., Ali M., Persson N-K. et al. Stretch sensing properties of conductive knitted structures of PEDOT-coated viscose and polyester yarns // *Textile Research Journal*. – 2013. – Vol. 84, № 3. – P. 323–334.
26. Cho G., Lee S., Cho J. Review and reappraisal of smart clothing // *International Journal of Human-Computer Interaction*. – 2009. – Vol. 25, № 6. – P. 582–617.
27. Rogers J. A., Someya T., Huang Y. Materials and mechanics for stretchable electronics // *Science*. – 2010. – Vol. 327, № 5973. – P. 1603–1607.
28. Xue P., Tao X., Leung M. Y., Zhang H. Electromechanical properties of conductive fibres, yarns and fabrics // *Wearable Electronics and Photonics* / ed. X. Tao. – Cambridge : Woodhead Publishing ; Boca Raton : CRC Press, 2005. – P. 81–104.
29. Lu M., Xie R., Liu Z. et al. Enhancement in electrical conductive property of polypyrrole-coated cotton fabrics using cationic surfactant // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2016. – Vol. 133, № 32. – Art. 43601.
30. Petersen P., Helmer R., Pate M. et al. Electronic textile resistor design and fabric resistivity characterization // *Textile Research Journal*. – 2011. – Vol. 81, № 13. – P. 1395–1404.
31. Maráková N., Humpolíček P., Kašpárková V. et al. Antimicrobial activity and cytotoxicity of cotton fabric coated with conducting polymers, polyaniline or polypyrrole, and with deposited silver nanoparticles // *Applied Surface Science*. – 2017. – Vol. 396. – P. 169–176.
32. Baima M., Andrew T. L. Fluoropolymer-wrapped conductive threads for textile touch sensors operating via the triboelectric effect // *Fibers*. – 2018. – Vol. 6, № 2. – Art. 41.
33. Lu Z., Mao C., Zhang H. Highly conductive graphene-coated silk fabricated via a repeated coating-reduction approach // *Journal of Materials Chemistry C*. – 2015. – Vol. 3, № 17. – P. 4265–4268.
34. Atalay O., Tuncay A., Husain M. D. et al. Comparative study of the weft-knitted strain sensors // *Journal of Industrial Textiles*. – 2017. – Vol. 46, № 5. – P. 1212–1240.
35. Cho G., Jeong K., Paik M. J. et al. Performance evaluation of textile-based electrodes and motion sensors for smart clothing // *IEEE Sensors Journal*. – 2011. – Vol. 11, № 12. – P. 3183–3193.
36. Schwarz A., Kazani I., Cuny L. et al. Electro-conductive and elastic hybrid yarns – the effects of stretching, cyclic straining and washing on their electro-conductive properties // *Materials & Design*. – 2011. – Vol. 32, № 8–9. – P. 4247–4256.
37. Mazzoldi A., De Rossi D., Lorussi F. et al. Smart textiles for wearable motion capture systems // *AUTEX Research Journal*. – 2002. – Vol. 2, № 4. – P. 199–203.
38. Zhang H., Tao X. M., Yu T., Wang S. Y. Conductive knitted fabric as large-strain gauge under high temperature // *Sensors & Actuators A: Physical*. – 2006. – Vol. 126, № 1. – P. 129–140.
39. Zhang B. C., Wang H., Zhao Y. et al. Large-scale assembly of highly sensitive Si-based flexible strain sensors for human motion monitoring // *Nanoscale*. – 2016. – Vol. 8, № 4. – P. 2123–2128.
40. Zhu F., Hu J., Zhang H. et al. Breathing measurement on the basis of contact resistance of cross-overlapping conductive yarns // *Fibers and Polymers*. – 2017. – Vol. 18, № 2. – P. 369–375.
41. Ramachandran T., Vigneswaran C. Design and development of copper core conductive fabrics for smart textiles // *Journal of Industrial Textiles*. – 2009. – Vol. 39, № 1. – P. 81–93.
42. Rattfält L., Lindén M., Hult P. et al. Electrical characteristics of conductive yarns and textile electrodes for medical applications // *Medical & Biological Engineering & Computing*. – 2007. – Vol. 45, № 12. – P. 1251–1257.

43. Vasile S., Ciesielska-Wróbel I. L., Van Langenhove L. Wrinkle recovery of flax fabrics with embedded superelastic shape-memory alloy wires // *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. – 2012. – Vol. 20, № 4 (93). – P. 56–61.
44. Castano L. M., Flatau A. B. Smart fabric sensors and e-textile technologies: a review // *Smart Materials and Structures*. – 2014. – Vol. 23, № 5. – Art. 053001.
45. Frydrysiak M., Tęsiorowski Ł. Textile capacitive humidity sensors made by printing technique // *Industria Textila*. – 2016. – Vol. 67, № 6. – C. 402-406.
46. Zhang R. Q., Li J. Q., Li D. J., Xu J. J. Study of the structural design and capacitance characteristics of fabric sensor // *Advanced Materials Research*. – 2011. – Vol. 194. – P. 1489-1495.
47. Baldoli I., Maselli M., Cecchi F., Laschi C. Development and characterization of a multilayer matrix textile sensor for interface pressure measurements // *Smart Materials and Structures*. – 2017. – Vol. 26, № 10. – Art. 104011.
48. Tao W., Liu T., Zheng R., Feng H. Gait analysis using wearable sensors // *Sensors*. – 2012. – Vol. 12, № 2. – P. 2255-2283.
49. Axisa F., Schmitt P. M., Géhin C. et al. Flexible technologies and smart clothing for citizen medicine, home healthcare, and disease prevention // *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. – 2005. – Vol. 9, № 3. – P. 325-336.
50. Cherenack K., Van Pieterse L. Smart textiles: challenges and opportunities // *Journal of Applied Physics*. – 2012. – Vol. 112, № 9. – Art. 091301.
51. Eizentals P., Katshev A., Oks A. et al. Detection of excessive pronation and supination for walking and running gait with smart socks // *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018: IFMBE Proc.* – Singapore : Springer, 2019. – Vol. 68, № 2. – P. 603-607.
52. De Rossi D., Carpi F., Lorussi F. et al. Electroactive fabrics and wearable biomonitoring devices // *AUTEX Research Journal*. – 2003. – Vol. 3, № 4. – P. 180-185.
53. Beckmann L., Neuhaus C., Medrano G. et al. Characterization of textile electrodes and conductors using standardized measurement setups // *Physiological Measurement*. – 2010. – Vol. 31, № 2. – P. 233-247.
54. Catrysse M., Puers R., Hertleer C., Van Langenhove L., Van Egmond H., Matthys D. Towards the integration of textile sensors in a wireless monitoring suit // *Sensors and Actuators A: Physical*. – 2004. – Vol. 114, № 2–3. – P. 302–311.
55. Paradiso R., De Toma G., Mancuso C. Smart Textile Suit // *Seamless Healthcare Monitoring: Advancements in Wearable, Attachable, and Invisible Devices* / eds. T. Tamura, W. Chen. – Cham : Springer, 2018. – P. 251–277.
56. Di Rienzo M., Vaini E., Lombardi P. et al. Development of a smart garment for the assessment of cardiac mechanical performance and other vital signs during sleep in microgravity // *Sensors and Actuators A: Physical*. – 2018. – Vol. 274. – P. 19–27.
57. Tada Y., Amano Y., Sato T. et al. A smart shirt made with conductive ink and conductive foam for the measurement of electrocardiogram signals with unipolar precordial leads // *Fibers*. – 2015. – Vol. 3, № 4. – P. 463–477.
58. Trindade I. G., Machado da Silva J., Miguel R. et al. Design and evaluation of novel textile wearable systems for the surveillance of vital signals // *Sensors*. – 2016. – Vol. 16, № 10. – Art. 1573 (14 p.).
59. Hoffmann T., Eilebrecht B., Leonhardt S. Respiratory monitoring system on the basis of capacitive textile force sensors // *IEEE Sensors Journal*. – 2011. – Vol. 11, № 5. – P. 1112–1119.

60. Jakubas A., Łada-Tondyra E. A study on application of the ribbing stitch as sensor of respiratory rhythm in smart clothing designed for infants // *Journal of the Textile Institute*. – 2018. – Vol. 109, № 9. – P. 1208–1216.
61. Husain M. D., Naqvi S., Asmatulu R. et al. Measuring human body temperature through temperature sensing fabric // *AATCC Journal of Research*. – 2016. – Vol. 3, № 4. – P. 1–12.
62. Wang Y. Y., Hua T., Zhu B. et al. Novel fabric pressure sensors: design, fabrication and characterization // *Smart Materials and Structures*. – 2011. – Vol. 20, № 6. – Art. 065015 (7 p.).
63. Hertleer C., Van Langenhove L., Rogier H. Printed textile antennas for off-body communication // *Advances in Science and Technology*. – 2008. – Vol. 60. – P. 64–66.
64. Van Langenhove L. Smart textiles for medicine and healthcare: materials, systems and applications. – London : Taylor & Francis, 2007. – 312 p.
65. Lorussi F., Rocchia W., Scilingo E. P. et al. Wearable, redundant fabric-based sensor arrays for reconstruction of body segment posture // *IEEE Sensors Journal*. – 2004. – Vol. 4, № 6. – P. 807–818.
66. Fujioka J., Yoshida Y., Ise T. et al. Measurement and analysis of human behavior using wearable sensors made of conductive knit // *Journal of Textile Engineering*. – 2018. – Vol. 64, № 1. – P. 19–27.
67. Тюрин И.Н., Гетманцева В.В., Стаханова С.И., Чаленко Е.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С. Разработка карты зонального распределения патогенной микрофлоры на поверхности тела спортсмена // *Дизайн и технологии*. – 2019. – № 69(111). – С. 38-44.
68. Тюрин И.Н., Гетманцева В.В. Применение методологии QFD в планировании качества спортивной одежды // *Перспективы науки, образования и бизнеса в цифровой экономике: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Москва, 26 декабря 2017 года*. – М.: ООО «Импульс», 2017. – С. 609–612.
69. Preece S. J., Kenney L. P. J., Major M. J. et al. Automatic identification of gait events using an instrumented sock // *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. – 2011. – Vol. 8. – Art. 32.
69. Тюрин И.Н., Овлякулиева М.С., Гетманцева В.В. Исследование принципов взаимодействия одежды и поверхности тела спортсмена для разработки спортивных изделий с применением технологии ароматической микроинкапсуляции // *Синергия Наук*. – 2018. – № 24. – С. 508–517.
70. Tonkinwise C. Design for Transitions – from “Versioning” to “Abduction 2.0”? *Design Philosophy Papers*. 2015;13(1):
71. Сильченко Е. В., Николаев С. Д. Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2015. – № 6 (360). – С. 59–64.
72. Тюрин И.Н., Гетманцева В.В. Разработка классификации устройств для измерения компрессионного давления одежды // *Развитие социального и научно-технического потенциала общества: Сборник статей Международной научно-практической конференции*. – 2018.
73. Carpi F., De Rossi D. Electroactive polymer-based devices for e-textiles in biomedicine // *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. – 2005. – Vol. 9, № 3. – P. 295–318.
74. Lorussi F., Scilingo E. P., Tesconi M. et al. Strain sensing fabric for hand posture and gesture monitoring // *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. – 2005. – Vol. 9, № 3. – P. 372–381.
75. Paradiso R., Loriga G., Taccini N. A wearable health-care system based on knitted integrated sensors // *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. – 2005. – Vol. 9, № 3. – P. 337–344.

76. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G., Belgorodski V.S. Research of design features of compression sportswear // Autex 2018: Conference proceedings, Istanbul, 20–22 June 2018. – Istanbul: Istanbul Technical University, 2018. – P. 1019–1022.
77. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. Application of QFD method for determining performance properties of tight-fitting and compression sportswear // Autex 2018: Conference proceedings, Istanbul, 20–22 June 2018. – Istanbul: Istanbul Technical University, 2018. – P. 1041–1044.
78. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. The finite-element modelling of compression sportswear // Autex 2019: Proceedings of the 19th World Textile Conference, Ghent, Belgium, 11–15 June 2019. – Ghent: Ghent University, 2019. – P. 0366.
79. Tyurin I.N., Korobtseva N.A., Tashpulatov S.Sh., Andreeva E.G. The study of biometric indicators of the pregnant women's condition using smart e-textiles // *Kostumologiya*. – 2022. – Vol. 7, No. 4.
80. Покровская Т.Д., Курочкина Т.А., Кузьмин А.Г., Тюрин И.Н., Коробцева Н.А. Исследование гигиенических свойств текстильных материалов на основе комбинированных технологий цифровой печати для проектирования детской одежды // *Костюмология*. – 2022. – Т. 7, № 4.
81. I.N. Tyurin, A.G. Kuzmin, L.V. Komisaruk, S.Sh. Tashpulatov. E-textile touch button placement with a help-request function for smart sportswear // *E3S Web of Conferences: XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023)*, Divnomorskoe village, Russia, – EDP Sciences: EDP Sciences, 2023. – P. 06017. – DOI 10.1051/e3sconf/202343106017.
82. Farrington J. Wearable electronics and clothing from Philips and Levi // *Technical Textiles International*. – 2001. – Vol. 10, № 8. – P. 22–24.
83. Гетманцева В. В., Гончарова А. С., Никитина Н. Г., Андреева Е. Г. Влияние показателей физико-механических свойств тканей на пространственную форму плечевого изделия // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2011. – № 6. – С. 88–94.
84. Андреева Е. Г., Лунина Е. В., Петросова И. А. и др. Научные исследования и разработки в области конструирования швейных изделий. – М. : Спутник+, 2016. – 169 с.
85. I.N. Tyurin, V. V. Getmantseva, S. Sh. Tashpulatov, E. G. Andreeva. Study of friction in the "textile-human" system for the ergonomic design of sustainable functional clothing // *E3S Web of Conferences: EBWFF 2023 - International Scientific Conference Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (Part 1)*, Blagoveschensk, Amur region, Russia, Vol. 420. – Blagoveschensk, Amur region, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 09014. – DOI: 10.1051/e3sconf/202342009014.
86. I. Tyurin, S. Tashpulatov, V. Belgorodsky, E. Andreeva. Mathematical modeling of viscoelastic foam material for design of filtering respirators // *E3S Web of Conferences: International Scientific Conference "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East" (AFE-2022)*, Vol. 371. – Tashkent, Uzbekistan: EDP Sciences, 2023. – P. 02055. – DOI 10.1051/e3sconf/202337102055.
87. Тюрин И.Н., Гетманцева В.В., Ташпулатов С.Ш., Андреева Е.Г., Белгородский В.С. Численное моделирование давления компрессионной оболочки спортивного назначения // *Химические волокна*. 2023. № 5. С.58-60.
88. https://en.wikipedia.org/wiki/Hussein_Chalayan
89. Park S, Gopalsamy C, Rajamanickam R, Jayaraman S. The Wearable Motherboard: a flexible information infrastructure or sensate liner for medical applications. *Stud Health Technol Inform*. 1999;62:252-8. PMID: 10538367.

90. Post E.R., Orth M., Russo P.R., Gershenfeld N. E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing. *IBM Systems Journal*. 2000;39(3–4):840–860. DOI: 10.1147/sj.393.0840.
91. Sajovic, I.; Kert, M.; Boh Podgornik, B. Smart Textiles: A Review and Bibliometric Mapping. *Appl. Sci.* 2023, 13, 10489. <https://doi.org/10.3390/app131810489>
92. Apple Inc. Fabric control device. US 10,465,314 B2; 2019 (issued 2020). Доступ: Google Patents.
93. Dulal M., Modha H.R.M., Liu J., Islam M.R., Carr C. Toward Sustainable Wearable Electronic Textiles. *ACS Nano*. 2022;16(9):13301–13313. DOI: 10.1021/acsnano.2c07723.
94. Cataldi P., Cassinelli M., Heredia-Guerrero J.A., Guzman-Puyol S., Naderizadeh S., Athanassiou A., Caironi M., et al. Green Biocomposites for Thermoelectric Wearable Applications. *Advanced Functional Materials*. 2019;30(3):1907301. DOI: 10.1002/adfm.201907301.
95. Dudem, B., Mule, A. R., Patnam, H. R., & Yu, J. S. (2019). Wearable and durable triboelectric nanogenerators via polyaniline coated cotton textiles as a movement sensor and self-powered system. *Nano Energy*, 55, 305-315. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.10.074>
96. Next Move Strategy Consulting. Smart Clothing Market by Type (Passive Smart Fabrics, Active Fabrics, and Ultra-smart Fabrics)... – Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2024–2030. – Режим доступа: <https://www.nextmsc.com/report/smart-clothing-market>.
97. SNS Insider pvt ltd. Smart Clothing Market to Worth USD 31.32 Billion by 2032, Driven by Sensor Advancements and Rising Wearable Demand: пресс-релиз. – *GlobeNewswire*, 01.04.2025. – Режим доступа: <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/04/01/3053462/0/en/Smart-Clothing-Market-to-Worth-USD-31-32-Billion-by-2032-Driven-by-Sensor-Advancements-and-Rising-Wearable-Demand-Research-by-SNS-Insider.html>.
98. Cristobal Galder, Zhou Sujandi, Mabilie Caroline, Karagianni Katerina. Method for Treating Fabrics. Application No: 19798678. Filed: Nov 13, 2019. Published: Feb 26, 2025. <https://www.lens.org/lens/patent/151-759-149-522-552>
99. Mok Michelle M, Berrigan Michael R, Upadhye Aniruddha A, Vail Andrew W. Nonwoven Fibrous Web. Application No: 21770303. Filed: Sep 9, 2021. Published: Dec 25, 2024. <https://www.lens.org/lens/patent/183-808-211-824-666>
100. Van Ingelgem Werner, Smet Steven, Derycke Tom, Verduyn Dries. Method and Apparatus for Manufacturing an Absorbent Structure. Application No: 18782073. Filed: Oct 8, 2018. Published: Jan 1, 2025. <https://www.lens.org/lens/patent/176-137-495-392-616>
101. Hu Cheng, Ou Yang-Hua, Ranalli Christopher J, Wan Lai-Hung. Waterproof, Breathable Nonwoven Textiles for Articles and Methods of Making the Same. Application No: 2024036873. Filed: Jul 5, 2024. Published: Jan 16, 2025.
102. Park Jung Eun, Lee Young Soo, Kim Seong-Young, Lee Sinho. Shaped Cross-Sectional Polyethylene Yarn and Functional Fabric Including the Same. Application No: 202218714121. Filed: Dec 19, 2022. Published: Jan 23, 2025.
103. Chung Chia-Chun, Cox Jason, Mccarthy Kristina, Mulherin Kristen, Nguyen Jimmy, Rein Michael, Heng Tong. Multi-Material Fibers and Methods of Manufacturing the Same. Application No: 202418442699. Filed: Feb 15, 2024. Published: Jan 23, 2025.
104. Granberry Rachael Margaret, Eschen Kevin, Abel Julianna, Holschuh Bradley. Active knit compression garments, devices and related methods. Application No: 202217652392. Filed: Feb 24, 2022. Published: Jan 28, 2025.
105. Abdelwahed Boutheina, Khedimi Achraf, Pieper Frank. Nonwoven Composite Fabric. Application No: 23189966. Filed: Aug 7, 2023. Published: Feb 12, 2025.

106. Abdelwahed Boutheina, Khedimi Achraf, Pieper Frank. Nonwoven Composite Fabric. Application No: 2024070289. Filed: Jul 17, 2024. Published: Feb 13, 2025.
107. Green Jessica, Hsu Chun-Ying, Lupinek Jaroslav J, Matthews Darryl, Mcfarland II William C, Tu Chun-Yao, Yang Yi-Ning, Han Cheng-Ying. Knitted Component With a Fused Area. Application No: 202418934964. Filed: Nov 1, 2024. Published: Feb 20, 2025.
108. Wang Lei, Bishop Nyle, Moody III Ralph A, Snider Jerry, Grondin Pierre. Absorbent composite comprising a hydroentangled nonwoven. Application No: 201615000750. Filed: Jan 19, 2016. Published: Feb 18, 2025.
109. Gorin Craig, Sekharan Manesh, Yancey David, Bank David, Milne Jacob, Fisher Mark, Beeson Rebecca. Coating composition, a coated fabric, a method of making a coated fabric, and an article made from the coated fabric. Application No: 201917281272. Filed: Oct 8, 2019. Published: Feb 18, 2025.
110. Polaskova Nikol, Kolarik Roman, Kauschke Michael. Nonwoven Fabric With Enhanced Strength. Application No: 22743727. Filed: May 13, 2022. Published: Feb 19, 2025.
111. Tariq, H., Rehman, A., Raza, Z.A. et al. Recent progress in the microencapsulation of essential oils for sustainable functional textiles. Polym. Bull, 81, 7585–7629 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00289-023-05092-x>
112. Li, P., Wang, B., Liu, Y. et al. Eco-friendly Modal/alginate knitted fabrics with intrinsic flame retardancy and wearability. Cellulose, 30, 2611–2626 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10570-022-05037-z>
113. Thakur, R., Panghal, D., Jana, P. et al. Automated fabric inspection through convolutional neural network: an approach. Neural Comput & Applic, 35, 3805–3823 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00521-022-07891-1>
114. Tang, X., Yan, X. Dip-coating for fibrous materials: mechanism, methods and applications. J Sol-Gel Sci Technol, 81, 378–404 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10971-016-4197-7>
115. Chen, L., Chen, Q., Si, H. et al. Delignified Juncus Effusus Fibers Obtained From Various Pre-treatments and Their Applications. Fibers Polym, 24, 2581–2594 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12221-023-00192-x>

Рецензент: д.т.н., профессор Иброгимов Х.И.

Технологический университет Таджикистана

РАВИШҲОИ МУОСИРИ ХИМИЯВӢ-ТЕХНОЛОГӢ БА ЭҶОДИ МАВОДИ НАССОҶИИ ФУНКЦИОНАЛӢ

Дар мақола шарҳи роҳҳалҳои муосири технологие пешниҳод шудааст, ки ба баланд бардоштани хосиятҳои истифодабарӣ ва функционалии маводи нассоҷӣ равона гардидаанд. Усулҳои термоқолабдихӣ, ки имкони истеҳсоли маснуотро бо минтақаҳои фарқкунандаи мустаҳкамӣ ва чандирӣ таъмин менамоянд, инчунин ворид намудани маводи фазавӣ-гузаришӣ (PCM) тавассути микроинкапсулятсия бо мақсади танзими ҳарорат ва мутобиқшавии матоъҳо баррасӣ шудаанд. Ба таҳияи таркибҳои ширешӣ ва рӯйпӯшҳои бисёрқабата, ки устувории механикӣ ва оташбардории маводи пахтагиро баланд мебардоранд, диққати махсус дода шудааст. Намунаҳои истифодаи хитозани модификатсияшуда барои беҳтар намудани хосиятҳои зиддипиллингии матоъҳои кашмирӣ, инчунин наноструктураҳои карбонӣ барои эҷоди системаҳои нассоҷии электргузaron оварда шудаанд. Навовариҳо дар соҳаи либоси варзишӣ, пойафзол, маснуоти тиббӣ ва маводи муҳофизатӣ, аз ҷумла композитсияҳои полиуретанмочевинавӣ, риштаҳои полиэтиленӣ бо хусусиятҳои танзимкунандаи ҳарорат ва

композитҳои ғайрибофтаи дорои хосиятҳои обгӯрез баррасӣ гардидаанд. Таҳлили патентҳо ва таҳқиқоти таҷрибавӣ дурнамонок будани ҳамгирии равишҳои химиявӣ ва нанотехнологиро барои эҷоди системаҳои насосии бисёрфункционалии насли нав тасдиқ менамояд. Натиҷаҳои бадастомада имкониятҳои баланд бардоштани бароҳатӣ, беҳатарӣ ва устувории маснуоти насосиро нишон медиҳанд, ки самтҳои нави истифодаи онҳоро дар соҳаҳои варзиш, тиб ва технологияҳои баланд фароҳам меорад.

Калимаҳои калидӣ: термоқолабдиҳӣ, маводи ғазавӣ-гузаришӣ, оташбардорӣ, хитозан, наноструктураҳо, системаҳои насосии функционалӣ, либоси варзишӣ, маводи зеҳнӣ.

MODERN CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL TEXTILE MATERIALS

The article provides an overview of modern technological solutions aimed at improving the performance and functional properties of textile materials. Thermoforming methods that enable the production of items with differentiated zones of strength and flexibility are considered, along with the incorporation of phase-change materials (PCMs) through microencapsulation to ensure thermoregulation and fabric adaptability. Particular attention is paid to the development of adhesive compositions and multilayer coatings that enhance the mechanical durability and flame resistance of cotton materials. Examples are presented of the use of modified chitosan to improve the anti-pilling properties of cashmere fabrics, as well as carbon nanostructures for the development of electrically conductive textile systems. Innovations in sportswear, footwear, medical products, and protective materials are examined, including polyurethane-urea compositions, polyethylene yarns with thermoregulatory characteristics, and nonwoven composites with water-repellent properties. The analysis of patents and experimental studies confirms the potential of integrating chemical and nanotechnological approaches to create a new generation of multifunctional textile systems. The obtained results demonstrate opportunities to improve the comfort, safety, and durability of textile products, opening up new areas of application in sports, medicine, and high-technology industries.

Keywords: thermoforming, phase-change materials, flame resistance, chitosan, nanostructures, functional textile systems, sportswear, smart materials.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Эгамова Дилафрӯз Баратовна – аспирант, Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. e-Mail: dilafruz.egamova.82@mail.ru. ORCID: 0009-0009-3872-2571.

Олимбойзода Парвина Аҳмадбек – номзади илмҳои техникаӣ, дотсент, Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. e-Mail: parish0707@mail.ru. ORCID: 0009-0007-9811-1508.

Яминзода Заррина Акрам – доктори илмҳои техникаӣ, дотсент, Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. e-Mail: zyaminova@inbox.ru. ORCID: 0000-0003-4398-8103.

Мамадҷонова Сурайёҳон Азизовна – доктори PhD, дотсент, Донишқадаи насосӣ ва саноати сабуки Тошканд (Ҷумҳурии Ўзбекистон). e-Mail: surayyohon91@mail.ru, SPIN: 4660-1027. ORCID: 0000-0003-1570-2286.

Сведения об авторах:

Эгамова Дилафруз Баратовна – аспирант, Технологический университет Таджикистана. e-Mail: dilafruz.egamova.82@mail.ru. ORCID: 0009-0009-3872-2571.

Олимбойзода Парвина Ахмадбек – кандидат технических наук, доцент, Технологический университет Таджикистана. e-Mail: parish0707@mail.ru. ORCID: 0009-0007-9811-1508.

Яминзода Заррина Акрам – доктор технических наук, доцент, Технологический университет Таджикистана. e-Mail: zyaminova@inbox.ru. ORCID: 0000-0003-4398-8103.

Мамаджанова Сурайёхон Азизовна – доктор PhD, доцент, Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности (Республика Узбекистан). e-Mail: surayyoxon91@mail.ru. SPIN: 4660-1027. ORCID: 0000-0003-1570-2286.

Information about the authors:

Egamova Dilafruz Barotovna – postgraduate student, Technological University of Tajikistan. e-Mail: dilafruz.egamova.82@mail.ru. ORCID: 0009-0009-3872-2571.

Olimboyzoda Parvina Ahmadbek – candidate of technical sciences, associate professor, Technological University of Tajikistan. e-Mail: parish0707@mail.ru. ORCID: 0009-0007-9811-1508.

Yaminzoda Zarrina Akram – doctor of technical sciences, associate professor, Technological University of Tajikistan. e-Mail: zyaminova@inbox.ru. ORCID: 0000-0003-4398-8103.

Mamadjanova Surayyokhon Azizovna – PhD, associate professor, Tashkent Institute of Textile and Light Industry (Republic of Uzbekistan). e-Mail: surayyoxon91@mail.ru. SPIN: 4660-1027. ORCID: 0000-0003-1570-2286.



UDC 547.918+547.919 (045)

SERICIN–POLYELECTROLYTE MICROCAPSULES WITH ESSENTIAL OILS FOR ANTIBACTERIAL FINISHING OF CELLULOSIC TEXTILES: STABILITY, IMMOBILIZATION AND RELEASE

¹Yaminzoda Z.A., ²Odincova O.I., ¹Hakimzoda Z.G., ¹Anushervoni Sh.

¹Technological University of Tajikistan

¹Ivanovo State University of Chemical Technology

The study develops bio-based microcapsules for antibacterial finishing of cellulose textiles using sericin as a shell precursor and biodegradable polyelectrolytes (sodium alginate, chitosan, xanthan gum, and guar gum). Essential oils (grapefruit, rosemary, and jojoba) were emulsified with a surfactant system (CarboxyPAV and Sintanol ALM-10) and encapsulated by electrostatic complexation and layer-by-layer (LbL) assembly. Microcapsule size distribution was measured by dynamic light scattering; ζ -potential was used as the main criterion of aggregative stability ($|\zeta| \geq 30$ mV). Stable nano-dispersions were achieved for sericin–alginate and sericin–xanthan shells: for example, sericin–alginate systems at pH 3.0–3.5 showed mean particle sizes of 249–350 nm and $\zeta \approx -30.2$ to -30.7 mV, remaining stable for months, whereas sericin–chitosan systems formed sediment within 5 days. The minimum particle size (185.6 nm; 96.7% fraction) was obtained for sericin 0.4 g/L + xanthan 0.4 g/L at pH 5.0 with $\zeta \approx -35.1$ mV. Multi-layer shells increased particle size from 149–205 nm (2 layers) to 775–987 nm (6 layers). Microcapsules were immobilized on cellulosic fabrics by impregnation and LbL fixation; the best wet fastness (up to 5/5) was achieved using PDADMAC and an acrylic polymer as fixing layers. Release kinetics were evaluated by a model spectrophotometric method with Sudan IV at $\lambda = 560$ nm and by GC–MS analysis of essential oil migration into ethanol. A pronounced initial release occurred within the first 15 min; alginate-containing shells provided more prolonged release. Over 3 days, 14.7% of the encapsulated agent

migrated from non-fixed samples, while only 7% migrated from LbL-fixed samples. Disk diffusion tests against Gram-negative *Escherichia coli* and Gram-positive *Staphylococcus aureus* indicated predominantly bacteriostatic action, with bactericidal effects (lysis zone 1–2 mm) observed for selected LbL-treated variants.

Keywords: sericin; microencapsulation, essential oils, layer-by-layer assembly, zeta potential, antibacterial textiles, controlled release.

1. Introduction

Antibacterial and bioactive textiles are increasingly demanded for medical linens, dressings, and protective garments. A key technological challenge is to deliver functional agents (e.g., essential oils) in a controlled manner while maintaining their activity and ensuring sufficient durability to laundering and perspiration. Microencapsulation provides a protective barrier for volatile or chemically unstable compounds and enables release triggered by friction, moisture, temperature, and pH during wear [2].

Silk sericin is a natural protein obtained from *Bombyx mori* cocoons, attracting interest as a biocompatible and biodegradable material for biomedical and pharmaceutical applications. In textile finishing, sericin can act as a polycationic precursor capable of electrostatic complexation with anionic biopolymers and subsequent layer-by-layer (LbL) build-up of shell architectures. The present work focuses on (i) selecting cellulosic fabrics suitable for medical use, (ii) designing stable sericin-based microcapsules with essential oils, (iii) immobilizing the capsules on textiles with wet-fast fixing layers, and (iv) quantifying release kinetics and antibacterial activity [1–10].

2. Materials and Methods

2.1. Materials. Sericin was obtained by aqueous extraction from mulberry silkworm cocoons with variation of time, temperature and liquor ratio; the presence of sericin in the extract was verified by ethanol precipitation. For shell formation, biodegradable polyelectrolytes were used: sodium alginate, acid-soluble chitosan, xanthan gum, and guar gum. Essential oils (grapefruit, rosemary, and jojoba) were used as functional cores; jojoba oil was considered a skin-beneficial antiseptic agent.

2.2. Emulsion preparation and microcapsule formation. Essential oil was mixed with the surfactant system (CarboxyPAV and Sintanol ALM-10). Then sericin solution and the corresponding polyelectrolyte solution were added; after each component addition, the mixture was stirred for 5 min at high speed. For visual tracking, Sudan IV (fat-soluble) was introduced into the capsule core in model experiments.

2.3. Characterization. Particle size distribution was measured by dynamic light scattering. ζ -potential was measured using Photocor Compact-Z and used to assess colloidal stability ($|\zeta| \geq 30$ mV). Visual control and microscopy were used to confirm spherical particles and aggregation behavior.

2.4. Textile substrates. A range of cellulosic fabrics (cotton, linen, cotton-silk blends) was evaluated by capillarity, hygroscopicity (at 98% RH), and air permeability. Fabrics that best satisfied sanitary-hygienic requirements were selected for finishing.

2.5. Immobilization on textiles and wet fastness. Microcapsule dispersions were applied by impregnation and by LbL fixation using different recipes. Wet fastness to washing (soap solution No.1) and perspiration was evaluated and expressed in grades.

2.6. Release kinetics. A rapid evaluation method was developed using Sudan IV as a model marker. Samples were immersed in ethanol or water/ethanol (1:1); aliquots were collected over time and optical density was measured at $\lambda = 560$ nm. For essential oil quantification, GC–MS of ethanol extracts was performed according to GOST R 51578-2000; peaks corresponding to key oil components were analyzed [14].

2.7. Antibacterial testing. Antibacterial activity against Gram-negative *Escherichia coli* and Gram-positive *Staphylococcus aureus* was assessed by the disk diffusion method and classified as bacteriostatic or bactericidal (lysis zone) [15].

3. Results and Discussion

3.1. Selection of cellulosic textile substrates

Table 1 summarizes the hygienic properties of the tested cellulosic fabrics. Cotton bleached calico, cotton-silk fabric and bleached linen demonstrated the most balanced combination of capillarity, hygroscopicity and air permeability and were selected for further finishing.

Table 1.

Hygienic properties of the tested cellulosic fabrics

Fabric	Capillarity, mm	Hygroscopicity at 98% RH, %	Air permeability, $\text{dm}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$
Cotton bleached calico	165	15.5	65
Chintz (art. 47)	154	14.0	65
Cotton-silk fabric	165	15.5	67
Linen (unbleached)	142	8.9	46
Linen (bleached)	157	14.8	64

3.2. Shell composition and colloidal stability (ζ -potential criterion)

Sericin–chitosan systems exhibited low ζ -potential (5–9 mV) and sedimentation within 5 days. In contrast, sericin–alginate systems at acidic pH (3.0–3.5) achieved $\zeta \approx -30$ mV and remained transparent and stable for long periods. Representative particle size distribution profiles for the sericin–alginate and sericin–chitosan dispersions are shown in Figures 1 and 2. Key dispersion properties are summarized in Table 2.

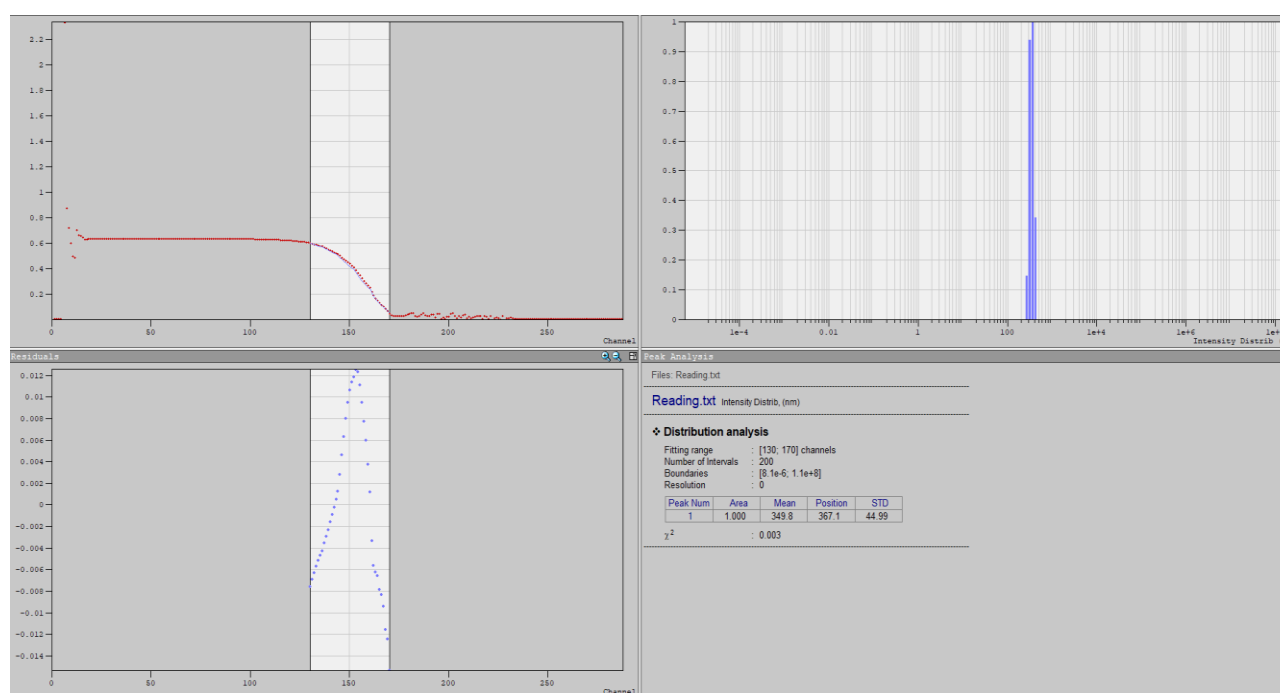


Figure 1. Particle size distribution in microcapsule dispersion with a sericin (0.2 g/L) and sodium alginate (0.2 g/L) shell; grapefruit essential oil core.

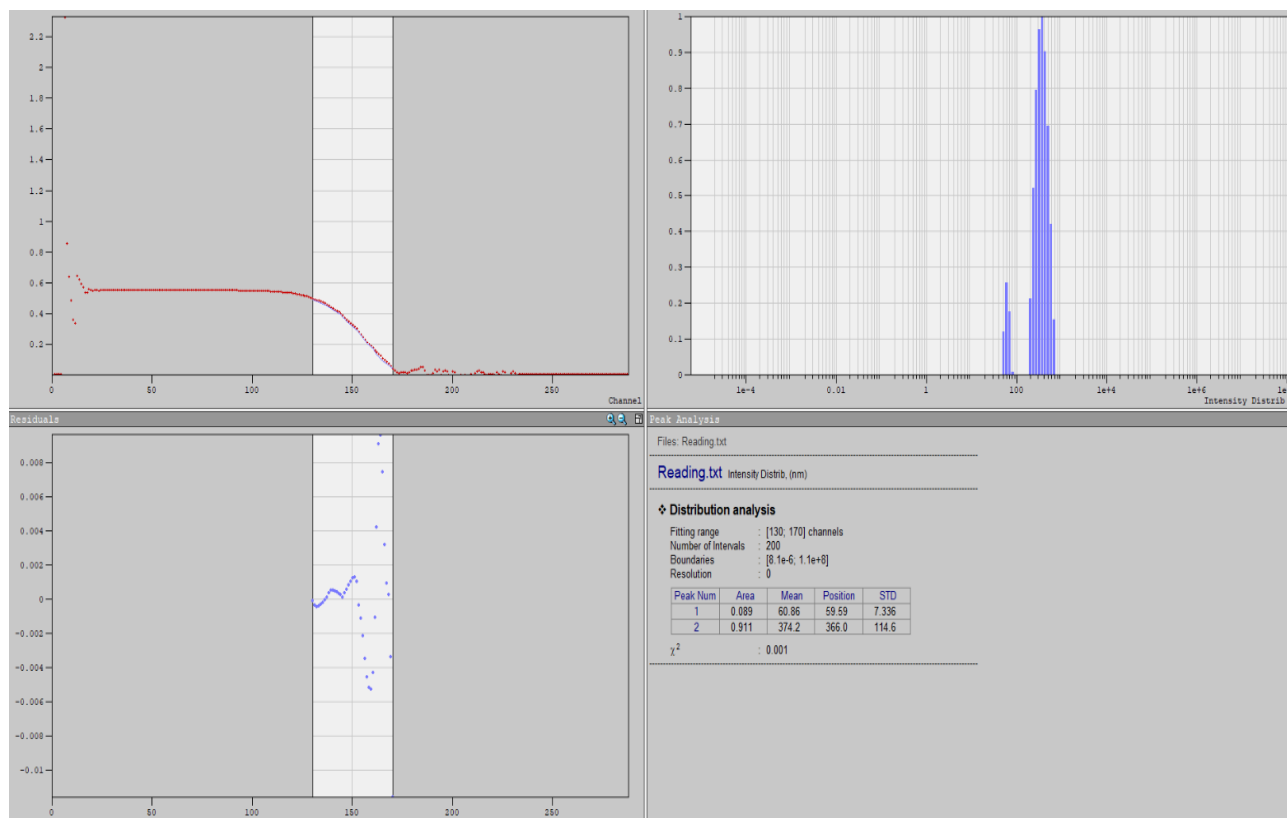


Figure 2. Particle size distribution in microcapsule dispersion with a sericin (0.2 g/L) and chitosan (0.2 g/L) shell; grapefruit essential oil core.

Table 2.

Colloidal stability of microcapsule dispersions with different shell systems (particle sizes, ζ -potential, observation).

Core oil / shell system	pH	Size distribution, nm (% content)	ζ -potential, mV	Observation
Grapefruit oil + sericin/chitosan (1:1)	5.0	60 (8.9%); 374.2 (91.1%)	—	Sediment after 5 days
Jobba oil + sericin/chitosan (1:1)	5.0	82 (10.1%); 342.1 (89.9%)	5.4	Sediment
Rosemary oil + sericin/chitosan (1:1)	5.5	45 (11.9%); 245 (89.1%)	8.9	Sediment
Grapefruit oil + sericin/alginate (4:1)	3.0–3.5	349.8 (100%)	–30.69	Transparent, stable
Jobba oil + sericin/alginate (4:1)	3.0–3.5	319.0 (100%)	–30.20	Transparent, stable
Rosemary oil + sericin/alginate (4:1)	3.0–3.5	249.5 (98.0%); 28 (2.0%)	–30.34	Transparent, stable

3.3. Optimization of biopolymer pairs and concentrations

Table 3 shows representative stable nano-dispersions with $|\zeta| \geq 30$ mV. The smallest particles were obtained for sericin–xanthan (0.4 g/L each), while sericin–alginate (0.4 g/L each) yielded high stability with slightly larger sizes [9].

Table 3.

Stable sericin-based nano-dispersions with biodegradable polyelectrolytes ($|\zeta| \geq 30$ mV).

Shell composition (g/L)	pH	Particle sizes, nm	Size fractions, %	ζ -potential, mV
Chitosan 0.5 + Sericin 1.0	4.5	6.09; 250.6; 6741	39; 23.5; 37.4	-30.4 ± 0.5
Alginate 0.5 + Sericin 1.0	5.5	87.6; 10000	53.4; 46.6	-30.7 ± 0.33
Xanthan 0.5 + Sericin 1.0	5.0	250; 46.95; 8890; 3.046	89.4; 6.7; 3.5; 0.4	-35.3 ± 0.6
Guar 0.4 + Sericin 0.4	4.8	246.1; 671.3	91.1; 8.9	-33.3 ± 0.4
Alginate 0.4 + Sericin 0.4	5.5	193.8; 650	82.2; 17.8	-40.9 ± 1.4
Xanthan 0.4 + Sericin 0.4	5.0	185.6; 910	96.7; 0.3	-35.1 ± 0.6

3.4. Effect of the number of LbL layers on microcapsule size

Increasing the number of polyelectrolyte layers led to a systematic growth of the capsule size. Two-layer systems remained below 210 nm, whereas six-layer shells reached 775–987 nm. The effect of LbL build-up on capsule size is summarized in Table 4.

Table 4.

Effect of the number of layer-by-layer (LbL) layers on microcapsule size

LbL regime (layers)	Variant	Layer sequence	Mean size, nm
Regime 1 (2)	1	Sericin / Xanthan	149.4
Regime 1 (2)	2	Sericin / Guar	205.1
Regime 1 (2)	3	Sericin / Alginate	168.9
Regime 2 (4)	4	Sericin / Xanthan / Sericin / Xanthan	325.6
Regime 2 (4)	5	Sericin / Guar / Sericin / Guar	515.6
Regime 2 (4)	6	Sericin / Alginate / Sericin / Guar	341.8
Regime 3 (6)	7	Sericin / Xanthan / Sericin / Xanthan / Sericin / Xanthan	775.0
Regime 3 (6)	8	Sericin / Guar / Sericin / Guar / Sericin / Guar	987.0
Regime 3 (6)	9	Chitosan / Alginate / Chitosan / Alginate / Chitosan / Alginate	718.1

3.5. Immobilization on textiles and wet fastness

Wet fastness to washing and perspiration depended on the fixing architecture. Recipes using PDADMAC together with an acrylic polymer provided the highest durability (up to 5/5). The LbL fixation concept and an SEM view of treated cotton fibers are presented in Figures 3 and 4. Wet-fastness grades are summarized in Table 5.

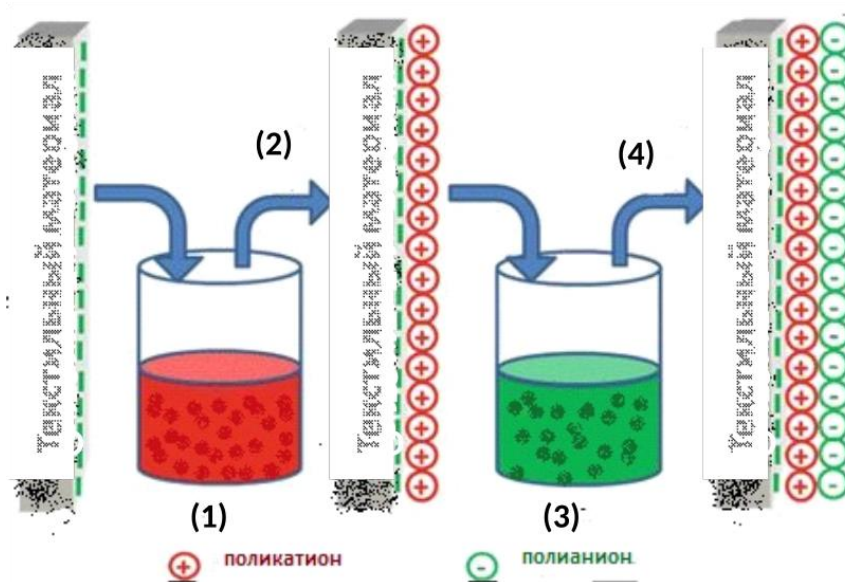


Figure 3. Scheme of electrostatic layer-by-layer (LbL) assembly of polyelectrolytes on the textile substrate

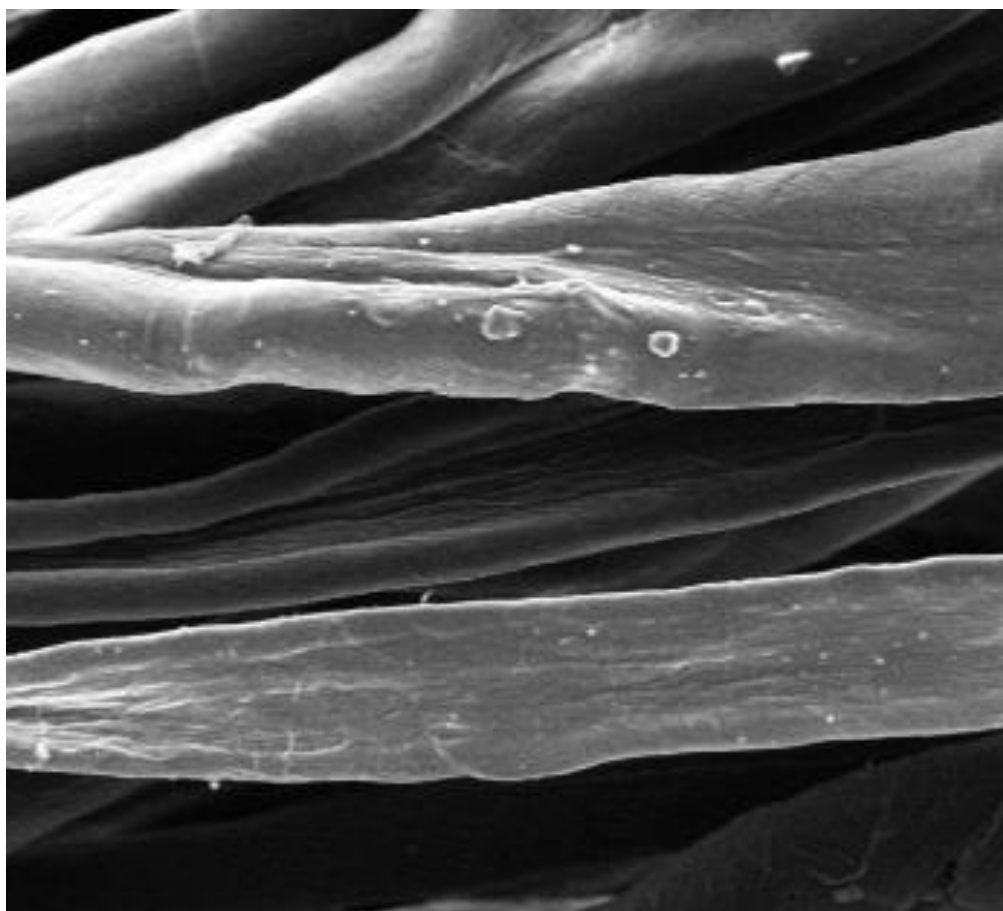


Figure 4. SEM image of cotton fiber treated with a microcapsule dispersion

Table 5.

Wet fastness of microcapsule finishes to washing and perspiration depending on fixing layers

Recipe	Fixing layers	Fastness to washing (grade)	Fastness to perspiration (grade)
1/1	Sericin 1% + Alginate Na 1%	5/4	4/4
1/2	PDADMAC 1%	4/4-3	4/4
1/3	PDADMAC 1% + Acrylic polymer 1%	5/4	5/4
2/1	Sericin 1% + Alginate Na 1%	5/4	4/4
2/2	PDADMAC 1%	4/4	4/4
2/3	PDADMAC 1% + Acrylic polymer 1%	4-5/5	5/5
3/1	Sericin 1% + Alginate Na 1%	5/4	4/4
3/2	PDADMAC 1%	4/4	4/4-3
3/3	PDADMAC 1% + Acrylic polymer 1%	4-5/5	5/5

3.6. Release kinetics of the encapsulated agent

The developed express method using Sudan IV confirmed that dye desorption into the external solution is characterized by a pronounced initial burst: in all variants, the most intensive migration occurred within the first 15 minutes. Among the studied shell precursors, alginate as the anionic polyelectrolyte provided a more prolonged release compared with other biopolymers. GC–MS analysis of ethanol extracts showed that over 3 days 14.7% of the encapsulated agent migrated from samples without fixing layers, whereas only 7% migrated from LbL-fixed samples, indicating effective retention by the fixing architecture [7].

3.7. Antibacterial activity

Table 6 summarizes the disk diffusion results. Against *E. coli*, all tested variants showed bacteriostatic action. Against *S. aureus*, selected LbL variants showed bactericidal effects with a lysis zone of 1–2 mm.

Table 6.

Antibacterial activity of treated fabrics by disk diffusion test

Bacterial culture	Treatment variant	Effect
<i>E. coli</i> (Gram–)	Sericin 1 g/L + xanthan (impregnation)	Bacteriostatic
<i>E. coli</i> (Gram–)	Sericin 1 g/L + alginate (impregnation)	Bacteriostatic
<i>E. coli</i> (Gram–)	Sericin 0.5 g/L + xanthan (impregnation)	Bacteriostatic
<i>E. coli</i> (Gram–)	Sericin 1 g/L + alginate (LbL)	Bacteriostatic
<i>E. coli</i> (Gram–)	Sericin 1 g/L + xanthan (LbL)	Bacteriostatic
<i>E. coli</i> (Gram–)	Sericin 0.5 g/L + xanthan (LbL)	Bacteriostatic
<i>S. aureus</i> (Gram+)	Sericin 1 g/L + xanthan (impregnation)	Bacteriostatic
<i>S. aureus</i> (Gram+)	Sericin 1 g/L + alginate (impregnation)	Bacteriostatic
<i>S. aureus</i> (Gram+)	Sericin 0.5 g/L + xanthan (impregnation)	Bacteriostatic
<i>S. aureus</i> (Gram+)	Sericin 1 g/L + alginate (LbL)	Bactericidal (lysis zone 1–2 mm)
<i>S. aureus</i> (Gram+)	Sericin 1 g/L + xanthan (LbL)	Bacteriostatic
<i>S. aureus</i> (Gram+)	Sericin 0.5 g/L + xanthan (LbL)	Bactericidal (lysis zone 1–2 mm)

4. Conclusion

Sericin-based microcapsules with essential oils were successfully formulated using biodegradable polyelectrolytes and LbL architectures. Colloidal stability was governed by pH and polyelectrolyte pairing; sericin–alginate and sericin–xanthan systems provided ζ -potentials beyond -30 mV and nano-scale particle sizes, while sericin–chitosan systems were unstable and sedimented within 5 days. LbL build-up increased capsule size but enabled durable immobilization on cellulosic textiles. Fixing layers of PDADMAC combined with an acrylic polymer delivered the highest wet fastness (up to 5/5) and reduced agent migration (7% in 3 days versus 14.7% without fixing). Antibacterial tests confirmed predominantly bacteriostatic action against *E. coli* and *S. aureus*, with bactericidal response observed for selected LbL variants. The proposed technological schemes can be considered as baseline routes for pilot-scale trials.

References:

1. Kodama, K. The drug and physico-chemical properties of sericin / K. Kodama // Biochemical. –1926. –N20 – V. 6. –P. 1208-1222.
2. Takasu, Y. Isolation of the three main components of sericin from the cocoon of the silkworm *Bombyxmori* / Y. Takasu, H. Yamada, K. Tsubuchi // Biology, biotechnology and biochemistry. –2002. –N66 – V. 12. –P. 2715-2718.
3. Sasaki, M. Silk protein, sericin, inhibits 1,2-dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in mice / M. Sasaki, N. Kato, H. Watanabe, H. Yamada // Oncology Reports –2000. –N7 – V.5. –P. 1049-1052.
4. Wu, J.-H. Preparation and Characterization of Sericin Powder Extracted from Silk Industry Wastewater / J.-H. Wu, Z. Wang, S.-Y. Xu // Foodchemistry. –2007. –N 103. –V.4. –P. 1255-1262.
5. Martinez-Mora C. Bombyxmori silk fibroin and sericin stimulate cell migration through c-Jun activation and phosphorylation / C. Martinez-Mora, A. Mrovets, E.M. Garcia-Viscaino, A. Alcaraz, J.L. Senis, F.J. Nicholas // PLoS ONE. –2012. –N7.
6. Zhang, Y.-Q. Bioconjugates of Sericin and Silk Insulin: Synthesis, Characterization and Biological Activity / Y.-Q. Zhang, Y. Ma, Y.-Y. Xia, W.-D. Shen, J.-P. Mao, R.-Y. Xue // Controlled Release Journal. –2006. –N115 –V.3. –P. 307-315.
7. Soots, Yu.N.; Yaminzoda, Z.A.; Odintsova, O.I.; Lipina, A.A.; Petrova, L.S. Application of sericin for forming microcapsule shells containing biologically active compounds. Physics of Fibrous Materials: Structure, Properties, High-Tech Technologies and Materials (SMARTEx). 2022;(1):310–313. (In Russ.).
8. Yaminova, Z.A. Use of silk wastes for sizing and obtaining blended yarn. Abstract of Cand. Sci. (Eng.) dissertation. Ivanovo: Ivanovo State University of Chemistry and Technology; 2017. EDN: ZQFAPD. (In Russ.).
9. Yaminova, Z.A. Scientific and practical principles for developing environmentally oriented finishing technologies for natural textile materials. Dr. Sci. (Eng.) dissertation. Dushanbe: Technological University of Tajikistan; 2023. 439 p. (In Russ.).
10. Yaminova, Z.A.; Ishmatov, A.B. On utilization of certain wastes of silk-reeling factories. Vestnik Tadzhikskogo tekhnicheskogo universiteta. 2013;4(24):31–35. EDN: RNMSLN. (In Russ.).
11. Vlaskina E.S., Soots Yu.N., Lipina A.A., Yaminzoda Z.A., Odintsova O.I. Methods of producing and application of sericin. Russian Chemical Journal. 2024. Vol. 68. No. 4. pp. 110-122.

**Reviewer: Dr. Tech. Sc., Professor Ishmatov A.B.
Technological University of Tajikistan**

МИКРОКАПСУЛАҲО ДАР АСОСИ СЕРИЦИН ВА БИОПОЛИЭЛЕКТРОЛИТҲО БО РАВҲАНҲОИ ЭФИРӢ БАРОИ КОРКАРДИ АНТИБАКТЕРИАЛИИ МАТОӢҲОИ СЕЛЛЮЛОЗӢ: УСТУВОРӢ, ИММОБИЛИЗАТСИЯ ВА ЧУДОШАВИИ МОДДАҲОИ ФАӢОЛ

Дар таҳқиқот микрокапсулаҳои биотачзияшаванда барои ба матоҳои селлюлозӣ додани хосиятҳои антибактериалӣ дар асоси серицин ва полиэлектrolитҳои биополимерӣ – алгинати натрий, хитозан, камеди ксантанӣ ва гуарӣ таҳия карда шуданд. Ба сифати ядроӣ функционалӣ равшанҳои эфирии грейпфрут, розмарин ва жожоба истифода гардида, онҳо бо ёрии системаи моддаҳои фаъоли сатҳӣ (карбоксипав ва синтанол АЛМ-10) эмулсия карда шуданд. Ташаккули қабатҳои муҳофизатии микрокапсулаҳо бо усулҳои худчамъшавии электростатикӣ ва Layer-by-Layer (LbL) амалӣ карда шуд. Андозаи зарраҳо бо усули парокандашавии динамикии рӯшноӣ муайян гардида, устувории агрегативии системаҳо аз рӯйи ξ -потенциал ($|\xi| \geq 30$ мВ) арзёбӣ карда шуд. Муайян гардид, ки системаҳои серицин–алгинат ва серицин–камеди ксантанӣ нанодисперсияҳои устувор ташкил медиҳанд: дар муҳити рН 3,0–3,5 андозаи миёнаи зарраҳо 249–350 нм ва $\xi \approx -30,2 \dots -30,7$ мВ-ро ташкил дода, устувории онҳо дар давоми якчанд моҳ нигоҳ дошта мешавад. Дар муқоиса, дар системаи серицин–хитозан баъди 5 шабонарӯз таҳшин ба вучуд омад. Андозаи минималии зарраҳо – 185,6 нм (96,7%) – ҳангоми истифодаи серицин 0,4 г/л + камеди ксантанӣ 0,4 г/л дар рН 5,0 ва $\xi \approx -35,1$ мВ ба даст оварда шуд. Нишон дода шуд, ки бо зиёд гардидани шумораи қабатҳо андозаи капсулаҳо афзоиш меёбад: аз 149–205 нм барои 2 қабат то 775–987 нм барои 6 қабат. Иммобилизатсияи микрокапсулаҳо дар сатҳи матоъ бо усули импрегнатсия ва мустаҳкамкунии қабат ба қабат амалӣ карда шуд. Устувории беҳтарин нисбат ба коркардҳои тар, то дараҷаи 5/5, ҳангоми истифодаи ПДАДМАХ ва полимери акрилӣ дар қабатҳои мустаҳкамкунанда ба даст омад. Кинетикаи ҷудошавии моддаи фаъол бо усули моделии спектрофотометрӣ бо истифодаи рангкунандаи Судан IV ($\lambda = 560$ нм) ва усули хроматографияи газӣ–масс-спектрометрӣ (ГХ-МС) арзёбӣ гардид. Муайян карда шуд, ки дар 15 дақиқаи аввал ҷудошавии нисбатан босуръати модда ба амал омада, ҳангоми мавҷудияти алгинат дар таркиби қабати капсула раванди ҷудошавӣ хусусияти тӯлонитар ва идорашаванда пайдо мекунад. Дар давоми 3 шабонарӯз аз намунаи мустаҳкамнашуда 14,7% моддаи фаъол ва аз намунаи бо усули қабат ба қабат мустаҳкамшуда 7% модда ҷудо гардид. Бо истифода аз усули дискӣ муайян карда шуд, ки намунаҳо нисбат ба *Escherichia coli* ва *Staphylococcus aureus* асосан таъсири бактериостатикӣ доранд. Барои баъзе вариантҳои коркарди LbL таъсири бактерисидӣ низ мушоҳида гардида, минтақаи лизис 1–2 мм-ро ташкил дод.

Калимаҳои калидӣ: серицин; микрокапсулагирӣ; равшанҳои эфирӣ; худчамъшавии қабат ба қабат; ξ -потенциал; нассочии антибактериалӣ; ҷудошавии назоратшавандаи моддаҳои фаъол.

МИКРОКАПСУЛЫ НА ОСНОВЕ СЕРИЦИНА И БИОПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ С ЭФИРНЫМИ МАСЛАМИ ДЛЯ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТКАНЕЙ: УСТОЙЧИВОСТЬ, ИММОБИЛИЗАЦИЯ И ВЫСВОБОЖДЕНИЕ

В работе разработаны биоразлагаемые микрокапсулы для придания целлюлозным тканям антибактериальных свойств на основе серицина и биополимерных полиэлектrolитов (альгинат натрия, хитозан, ксантановая и гуаровая камеди). В качестве функционального ядра

использовали эфирные масла (грейпфрута, розмарина, жожоба), эмульгированные системой ПАВ (карбоксипав и синтанол АЛМ-10). Формирование оболочек осуществляли электростатической самосборкой и методом Layer-by-Layer. Размеры частиц определяли методом динамического рассеяния света, агрегативную устойчивость оценивали по ξ -потенциалу ($|\xi| \geq 30$ мВ). Показано, что системы серицин–альгинат и серицин–ксантановая камедь формируют устойчивые нанодисперсии: при pH 3,0–3,5 средний размер частиц 249–350 нм и $\xi \approx -30,2 \dots -30,7$ мВ, устойчивость сохраняется в течение месяцев, тогда как в системе серицин–хитозан осадок образуется через 5 суток. Минимальный размер частиц (185,6 нм; 96,7%) достигнут при серицин 0,4 г/л + ксантановая камедь 0,4 г/л (pH 5,0; $\xi \approx -35,1$ мВ). Показано увеличение размеров капсул при наращивании числа слоёв: 149–205 нм (2 слоя) до 775–987 нм (6 слоёв). Иммобилизация микрокапсул на ткани реализована пропиткой и послойным закреплением; наилучшая устойчивость к мокрым обработкам (до 5/5) достигнута при использовании ПДАДМАХ и акрилового полимера в закрепляющих слоях. Кинетику выделения оценивали модельным спектрофотометрическим методом с красителем Судан IV ($\lambda = 560$ нм) и методом ГХ-МС. Выявлен «быстрый» начальный выход вещества (первые 15 мин) и более пролонгированное выделение при наличии альгината в оболочке. За 3 суток из незакреплённого образца выделилось 14,7% препарата, из образца с послойным закреплением – 7%. По методу дисков установлено преимущественно бактериостатическое действие против *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*; для отдельных вариантов LbL-обработки отмечен бактерицидный эффект (зона лизиса 1–2 мм).

Ключевые слова: серицин, микрокапсулирование, эфирные масла, послойная самосборка, ξ -потенциал, антибактериальный текстиль, контролируемое высвобождение.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Яминзода Заррина Акрам – доктори илмҳои техники, дотсент, Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. e-Mail: zyaminova@inbox.ru. ORCID: 0000-0003-4398-8103.

Одинцова Ольга Ивановна – доктори илмҳои техники, профессор, Донишгоҳи давлатии химия ва технологияи Иваново (Федератсияи Россия). ORCID: 0000-0001-5002-2601.

Ҳакимзода Замира Ғайрат – номзоди илмҳои таърих, Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. ORCID: 0009-0000-4666-9736.

Анушервони Шовалихон – номзоди илмҳои техники, Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. ORCID: 0009-0007-8426-5784.

Сведения об авторах:

Яминзода Заррина Акрам – доктор технических наук, доцент, Технологический университет Таджикистана. e-Mail: zyaminova@inbox.ru. ORCID: 0000-0003-4398-8103.

Одинцова Ольга Ивановна – доктор технических наук, профессор, Ивановский государственный химико-технологический университет (Российская Федерация). ORCID: 0000-0001-5002-2601.

Хакимзода Замира Ғайрат – кандидат исторических наук, Технологический университет Таджикистана. ORCID: 0009-0000-4666-9736.

Анушервони Шовалихон – кандидат технических наук, доцент, Технологический университет Таджикистана. ORCID: 0009-0007-8426-5784.

Information about the authors:

Yaminzoda Zarrina Akram – doctor of technical sciences, associate professor, Technological University of Tajikistan. e-Mail: zyaminova@inbox.ru. ORCID: 0000-0003-4398-8103.

Odincova Olga Ivanovna – doctor of technical sciences, professor, Ivanovo State University of Chemical Technology (Russian Federation). ORCID: 0000-0001-5002-2601.

Hakimzoda Zamira Ghayrat – candidate of historical sciences, Technological University of Tajikistan. ORCID: 0009-0000-4666-9736.

Anushervoni Shovalikhon – candidate of technical sciences, Technological University of Tajikistan. ORCID: 0009-0007-8426-5784.



ТЕХНОЛОГИЯҲОИ ИТТИЛООТӢ ВА ИННОВАТСИОНӢ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

INFORMATION AND INNOVATIVE TECHNOLOGY

ТДУ 004.738.4:811(082)

ТАРҲРЕЗӢ ВА ТАТБИҚИ ЭКОСИСТЕМАИ РАҚАМИИ «ДОНИШГОҲИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛӢ»

Ғуломсафдаров А.Ғ., Одинаев Б.М.

Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Дар мақола масъалаҳои таҳия ва таҳрезии модели «Донишгоҳи интеллектуалӣ» ҳамчун яке аз самтҳои муҳими рушди рақамии муассисаҳои таҳсилоти олии мавриди баррасӣ қарор гирифтаанд. Дар шароити рушди босуръати технологияҳои иттилоотӣ ва коммуникатсионӣ, истифодаи равишҳои муосири рақамӣ барои баланд бардоштани сифати таълим ва самаранокии идоракунии аҳамияти махсус пайдо мекунад. Дар мақола таҳияи алгоритм ва татбиқи донишгоҳи интеллектуалӣ пешниҳод гардида, марҳилаҳои асосии он аз муайян намудани ҳадафҳо ва талаботҳои система то тарҳрезӣ, таҳия, ҷорӣ намудан ва мониторинги фаъолияти платформа таҳлил шудаанд. Таваҷҷуҳи махсус ба ташкили инфрасохтори рақамӣ, таҳияи базаи додаҳо, автоматизатсияи раванди таълим ва ҳамгироии модулҳои асосии система дода шудааст. Модулҳои идоракунии раванди таълим, факултети электронӣ, фаъолияти илмӣ ва инноватсионӣ, фаъолияти тарбиявӣ, китобхонаи рақамӣ, таҳлили додаҳо, ҷадвали электронӣ ва муошират ҳамчун ҷузъҳои асосии платформа пешниҳод шудаанд. Дар мақола нақши таҳлили додаҳо ва технологияҳои зехни сунӣ дар қабули қарорҳои идоракунии ва баланд бардоштани сифати таълим нишон дода шудааст.

Натиҷаҳои таҳқиқот нишон медиҳанд, ки татбиқи донишгоҳи интеллектуалӣ метавонад ба беҳтар гардидани идоракунии захираҳо, баланд шудани самаранокии фаъолияти таълимӣ ва илмӣ, зиёд гардидани дастрасӣ ба захираҳои рақамӣ ва рушди муҳити инноватсионӣ мусоидат намояд. Алгоритми пешниҳодшуда метавонад ҳамчун асоси методологӣ барои таҳия ва ҷорӣ намудани системаҳои муосири рақамӣ дар муассисаҳои таҳсилоти олии истифода гардад.

Калидвожаҳо: донишгоҳи интеллектуалӣ, экосистемаи рақамӣ, технологияҳои рақамӣ, таҳлили додаҳо, зехни сунӣ, таълими электронӣ, инфрасохтори абрӣ, платформаи рақамӣ.

Рушди босуръати технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ, рақамкунӣ, зехни сунӣ ва иқтисодӣ рақамӣ зарурати навсозии низоми таҳсилоти олиро ба миён овардааст. Донишгоҳҳои муосир бояд на танҳо маркази таълим, балки муҳити интеллектуалӣ ва рақамии муттаҳидшуда бошанд[1], ки тамоми равандҳои таълимӣ, илмӣ ва маъмуриро дар як фазои ягона муттаҳид намоянд. Концепсияи «Донишгоҳи интеллектуалӣ» идомаи мантикии рушди донишгоҳи электронӣ буда, ба истифодаи таҳлили додаҳои калон, зехни сунӣ ва платформаҳои шабакавӣ асос меёбад.

Дар шароити рақамисозии низоми маориф ва рушди ҳукумати электронӣ, таъсиси экосистемаи рақамии муттаҳид барои муассисаҳои таҳсилоти олии Ҷумҳурии Тоҷикистон аҳамияти стратегӣ дорад[2]. Он имкон медиҳад, ки равандҳои таълимӣ шаффоф, самаранок ва мутобиқ ба талаботи иқтисоди рақамӣ гарданд.

Тарзи ташкил кардани “Донишгоҳи интеллектуалӣ” маҷмӯи тадбирҳои ташкилӣ, технологӣ ва идоракунии мебошад, ки барои рақамкунӣ ва автоматизатсияи тамоми фаъолияти донишгоҳ истифода мешавад.

Дар марҳилаи аввал концепсияи донишгоҳи интеллектуалӣ таҳия карда мешавад. Дар ин раванд мақсадҳо, вазифаҳо ва самтҳои асосии рақамкунӣ муайян мегарданд. Ҳамчунин таҳлили вазъи мавҷудаи инфрасохтори ИТ, захираҳои техникӣ ва омодагии кадрҳо гузаронида мешавад. Дар асоси натиҷаҳои таҳлил стратегияи рушди донишгоҳи интеллектуалӣ таҳия мегардад.

Барои фаъолияти донишгоҳи интеллектуалӣ инфрасохтори муосири технологӣ зарур аст. Ин инфрасохтор аз шабакаҳои баландсуръати интернет, серверҳо, марказҳои додаҳо (Data Center), системаҳои абрӣ (Cloud) ва платформаҳои рақамӣ иборат мебошад. Ҳамчунин барои таъмини амнияти иттилоотӣ системаҳои муҳофизати додаҳо ва назорати дастрасӣ истифода мешаванд [3].

Баъд аз муайян шудани талаботҳо марҳилаи тарҳрезии архитектураи система оғоз мегардад. Дар ин марҳила сохтори умумии платформа муайян карда шуда, модулҳо ва зерсистемаҳои асосии он тарҳрезӣ мешаванд. Архитектураи экосистемаи рақамии «Донишгоҳи интеллектуалӣ» сохтори бисёрсатҳа ва муттаҳид мебошад, ки ҳамкориҳои ҳамаи зерсистемаҳои таълимӣ ва идоракуниро таъмин мекунад.

Дар сатҳи корбар муҳити саҳифаҳои бархати ва замимаҳои мобилӣ ҷойгиранд, ки барои донишҷӯён, омӯзгорон ва кормандони маъмурӣ дастрас мебошанд. Ин муҳит дастрасӣ ба чадвали дарсҳо, натиҷаҳои таҳсил, маводи таълимӣ ва хизматрасониҳои электронӣ фароҳам меорад.

Дар сатҳи аввал муҳити корбарӣ қарор дорад, ки тавассути портали шабакавӣ ва замимаҳои мобилӣ дастрас мегардад. Ин сатҳ барои донишҷӯён, омӯзгорон, кормандони маъмурӣ ва довталабон интерфейси ягона фароҳам меорад. Тавассути он корбарон метавонанд ба маводи таълимӣ, чадвали дарсҳо, натиҷаҳои санҷиш, китобхонаи электронӣ ва хизматрасониҳои маъмурӣ дастрасӣ пайдо намоянд. Муҳити корбарӣ бояд мутобиқшаванда, содда ва интерактивӣ бошад, то истифодаи он осон ва самаранок гардад.

Сатҳи дуюм мантики барномавӣ ва идоракунии равандҳоро дар бар мегирад. Дар ин ҷо зерсистемаҳои идоракунии раванди таълим, деканати электронӣ, банақшагирии чадвал, идоракунии кадрҳо ва мониторинги фаъолияти илмӣ ҷойгиранд. Ин зерсистемаҳо тавассути интерфейсҳои барномавӣ бо ҳам пайваست шуда, мубодилаи додаҳо дар вақти воқеӣ таъмин менамоянд. Истифодаи принципҳои меъмории хизматрасон (service-oriented architecture) ё микросервиси имконият медиҳад, ки ҳар як модул мустақилона рушд ёбад ва дар ҳолати зарурӣ навсозӣ карда шавад.

Дар платформаи “Донишгоҳи интеллектуалӣ” маҷмӯи модулҳо (зерсистемаҳо) мавҷуд мебошанд, ки барои автоматизатсия ва рақамкунонии тамоми фаъолияти таълимӣ, илмӣ ва ташкилӣ [4][5] хизмат мекунад. Ҳар як модул вазифа ва имкониятҳои махсус дошта, ба идоракунии самаранокӣ равандҳои донишгоҳ мусоидат менамояд.

Модули идоракунии раванди таълим яке аз зерсистемаҳои асосии платформа буда, барои ташкил ва идора намудани тамоми фаъолияти таълимӣ дар донишгоҳ пешбинӣ шудааст. Дар ин модул маълумот дар бораи донишҷӯён, омӯзгорон, фанҳо, барномаҳои таълимӣ ва натиҷаҳои таҳсил нигоҳдорӣ ва коркард карда мешавад. Тавассути ин система бақайдгирии донишҷӯён, тақсими онҳо ба гурӯҳҳо, идоракунии фанҳои таълимӣ ва назорати раванди омӯзиш амалӣ мегардад. Ҳамчунин ин модул имкон медиҳад, ки ҳозиршавии донишҷӯён дар дарсҳо назорат карда шуда, натиҷаҳои санҷиш ва имтиҳонҳо дар шакли электронӣ сабт ва таҳлил карда шаванд. Бо истифода аз ин система маъмурияти донишгоҳ метавонад ҳисоботҳои муфассал дар бораи фаъолияти таълимӣ, сатҳи дониш ва иштироки донишҷӯён таҳия намояд.

Факултети электронӣ муҳити рақамии таълим мебошад, ки барои татбиқи таълими фосилавӣ ва гибридӣ хизмат мекунад. Ин модул ба донишҷӯён ва омӯзгорон имконият медиҳад, ки маводи таълимиро дар шакли рақамӣ истифода баранд. Дар доираи ин система лексияҳои электронӣ, курсҳои онлайн, видеодарсҳо, супоришҳои таълимӣ ва тестҳои электронӣ ҷойгир карда мешаванд. Омӯзгорон метавонанд маводи таълимиро боргузорӣ намоянд, супоришҳо диҳанд ва натиҷаҳои донишҷӯёнро арзёбӣ кунанд. Донишҷӯён бошанд метавонанд ба курсҳои таълимӣ пайваست шуда, лексияҳоро тамошо намоянд, супоришҳоро иҷро кунанд ва бо омӯзгорон дар муҳити онлайн муошират кунанд. Ин модул инчунин имконият медиҳад, ки фаъолияти донишҷӯён дар курсҳои онлайн мониторинг карда шавад.

Модули фаъолияти илмӣ ва инноватсионӣ барои идоракунии фаъолияти илмии донишгоҳ ва дастгирии лоиҳаҳои тадқиқотӣ истифода мешавад. Дар ин система маълумот дар бораи мақолаҳои илмӣ, китобҳо, диссертатсияҳо, лоиҳаҳои тадқиқотӣ ва грантҳои илмӣ нигоҳдорӣ мешавад. Бо истифода аз ин модул фаъолияти илмии омӯзгорон ва донишҷӯён сабт ва таҳлил карда мешавад. Система имкон медиҳад, ки мониторинги наشرҳои илмӣ, иштирок дар конференсияҳо ва

натиҷаҳои тадқиқотҳо анҷом дода шавад. Инчунин ин модули ба рушди фаъолияти инноватсионӣ мусоидат намуда, барои идоракунии патентҳо, стартапҳо ва дигар ташаббусҳои илмӣ имконият фароҳам меорад.



Расми 1. Архитектураи экосистемаи рақамии «Донишгоҳи интеллектуалӣ»

Модули фаъолияти тарбиявӣ барои ташкили чорабиниҳои иҷтимоӣ, фарҳангӣ ва маърифатӣ дар донишгоҳ истифода мешавад. Дар доираи ин система чорабиниҳои донишгоҳӣ, барномаҳои фарҳангӣ, варзишӣ ва тарбиявӣ ба нақша гирифта мешаванд. Ҳамчунин маълумот дар бораи клубҳои донишҷӯён, маҳфилҳои илмӣ ва фаъолияти ҷамъиятии донишҷӯён дар ин модули нигоҳдорӣ мешавад. Система ба маъмурияти донишгоҳ имконият медиҳад, ки иштироки донишҷӯёнро дар чорабиниҳо назорат намояд ва барномаҳои рушди шахсият ва малакаҳои иҷтимоии онҳоро ташкил кунад.

Китобхонаи рақамӣ як қисми муҳими платформа мебошад, ки дастрасии донишҷӯён ва омӯзгоронро ба захираҳои электронии илмӣ таъмин мекунад. Дар ин модули китобҳои электронӣ, мақолаҳои илмӣ, рисолаҳо, маҷаллаҳои илмӣ ва дигар маводи таълимӣ нигоҳдорӣ мешаванд. Система дорои механизми ҷустуҷӯ мебошад, ки ба истифодабарандагон имкон медиҳад адабиёти заруриро зуд пайдо кунанд. Илова бар ин, китобхонаи рақамӣ метавонад бо базаҳои байналмилалӣ маълумоти илмӣ ҳамгиро шавад ва дастрасӣ ба манбаъҳои муосири илмиро таъмин намояд.

Модули таҳлили додаҳо барои ҷамъоварӣ ва коркарди маълумоти гуногуни донишгоҳ истифода мешавад. Дар ин система маълумоти марбут ба фаъолияти таълимӣ, натиҷаҳои донишҷӯён, иштироки онҳо дар курсҳо ва дигар нишондиҳандаҳо таҳлил карда мешаванд. Бо истифода аз усулҳои таҳлили омӯрӣ ва технологияҳои зеҳни сунъӣ, система метавонад тамоюлҳои асосиро муайян намуда, ҳисоботҳои аналитикӣ пешниҳод кунад. Натиҷаҳои таҳлил барои қабули қарорҳои идоракунӣ, беҳтар намудани сифати таълим ва банақшагирии рушди донишгоҳ истифода мешаванд.

Модули чадвали электронӣ барои тартиб додан ва идора кардани чадвали дарсҳо ва дигар фаъолиятҳои таълимӣ хизмат мекунад. Дар ин система маълумот дар бораи аудиторияҳо, омӯзгорон, гурӯҳҳои донишҷӯён ва ҷанҳои таълимӣ нигоҳдорӣ мешавад. Бо истифода аз алгоритмҳои автоматикӣ чадвали дарсҳо тартиб дода мешавад ва дар ҳолати зарурӣ ба он тағйирот ворид карда мешавад. Донишҷӯён ва омӯзгорон метавонанд тавассути платформа чадвали худро бинанд ва дар бораи тағйирот огоҳинома гиранд.

Модули муошират барои таъмин намудани мубодилаи иттилоот ва ҳамкорӣ байни донишҷӯён, омӯзгорон ва маъмурияти донишгоҳ пешбинӣ шудааст. Дар ин система имкониятҳои гуногуни муошират, аз ҷумла чат, почтаи дохилӣ, форумҳо ва видеоконфернс мавҷуд мебошанд[6]. Ин модул ба истифодабарандагон имкон медиҳад, ки маълумотро зуд мубодила намоянд, саволҳо диҳанд ва дар муҳити рақамӣ ҳамкорӣ кунанд. Ҳамчунин система метавонад огоҳиномаҳо ва паёмҳои муҳимро ба истифодабарандагон ирсол намояд.

Сатҳи интеллектуалӣ яке аз унсурҳои муҳими меъморӣ экосистема мебошад. Дар ин сатҳ алгоритмҳои таҳлили додаҳо ва омӯзиши мошинӣ татбиқ мегарданд. Онҳо барои пешгӯии муваффақияти донишҷӯён, муайян кардани хатари ақибмонӣ, арзёбии самаранокии барномаҳои таълимӣ ва ташкили тавсияҳои инфиродӣ истифода мешаванд. Ин сатҳ ба роҳбарияти донишгоҳ имкон медиҳад, ки қарорҳоро дар асоси таҳлили илмӣ додаҳо қабул намояд.

Қабати ҳамгирой низ қисми ҷудонашавандаи меъморӣ мебошад. Он ҳамкорӣ экосистемаи дохилро бо системаҳои беруна, аз ҷумла платформаҳои давлатии иттилоотӣ, пойгоҳҳои байналмилалӣ илмӣ ва дигар хизматрасониҳои рақамӣ таъмин менамояд. Ин ҳамгирой васеъшавии функционалии система ва мутобикшавии онро ба талаботи муҳити беруна имконпазир мегардонад.

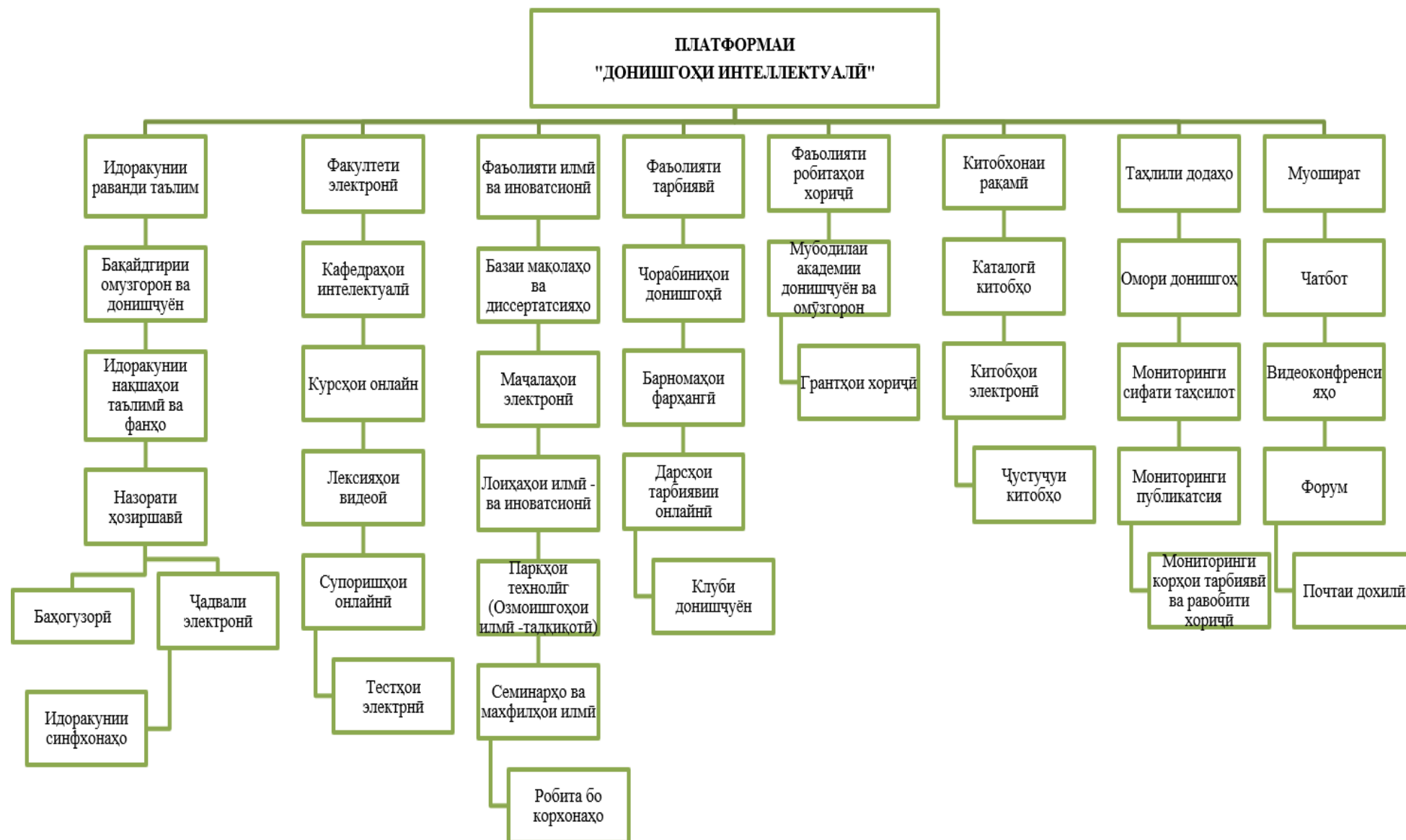
Таъмини амнияти иттилоотӣ дар тамоми сатҳҳои меъморӣ ба назар гирифта мешавад. Механизмҳои аутентификатсия ва авторизатсия, рамзгузорӣ додаҳо, назорати дастрасӣ ва мониторинги фаъолият барои ҳифзи маълумоти шахсӣ ва таълимӣ истифода мегарданд. Амнияти баланд омили муҳими эътимоди корбарон ба муҳити рақамӣ ба шумор меравад.

Татбиқи технологияи экосистемаи рақамии «Донишгоҳи интеллектуалӣ» ба истифодаи маҷмӯи барномаҳо, платформаҳо ва воситаҳои муосири барномасозӣ асос меёбад, ки фаъолияти устувор, микёспазир ва беҳатарии системаро таъмин менамоянд[7]. Интиҳоби дурусти стек-технологӣ имконият медиҳад, ки ҳамаи равандҳои таълимӣ, илмӣ ва маъмурӣ дар муҳити ягонаи рақамӣ муттаҳид гарданд.

Қисми серверии система (backend) метавонад дар асоси забони барномасозии Python амалӣ гардад. Барои сохтани мантиқи барномавӣ ва хизматрасониҳои веб аз фреймворкҳои Django ё FastAPI истифода бурдан мумкин аст. Ин платформаҳо имконият медиҳанд, ки идоракунии истифодабарандагон, амнияти маълумот, кор бо пойгоҳи додаҳо ва ташкили интерфейсиҳои барномавӣ (API) ба таври самаранок амалӣ карда шаванд. Ҳамчунин, вобаста ба инфрасохтори донишгоҳ, истифодаи Node.js ё Java Spring низ имконпазир мебошад.

Қисми корбарӣ (frontend) бо истифода аз технологияҳои JavaScript таҳия мегардад. Фреймворкҳои React, Vue ё Angular барои сохтани интерфейси интерактивӣ ва мутобикшаванда (responsive) истифода мешаванд. Ин воситаҳо имкон медиҳанд, ки портали вебии донишгоҳ дар ҳамаи дастгоҳҳо – компютер, планшет ва телефонҳои мобилӣ – дуруст намоиш дода шавад. Барои тарҳрезии зоҳирӣ ва услуби визуалӣ метавон аз HTML5, CSS3 ва китобхонаҳои тарроҳии муосир истифода бурд.

Барои нигоҳдорӣ ва идоракунии додаҳо системаҳои идоракунии пойгоҳи додаҳо истифода мешаванд[8]. Барои додаҳои сохторёфта PostgreSQL ё MySQL мувофиқ мебошанд. Барои нигоҳдории додаҳои ғайрисохторёфта ва журналҳои фаъолият MongoDB ё Elasticsearch истифода бурдан мумкин аст. Инчунин, барои ташкили анбори додаҳо (Data Warehouse) ва таҳлили маълумоти калон технологияҳои махсус татбиқ карда мешаванд.



Расми 2. Зерсистемаҳои платформаи “Донишгоҳи интеллектуалӣ”

Таъминоти барномавӣ барои таҳияи системаи “Донишгоҳи интеллектуалӣ”

№	Қисми система	Барномаҳо ва технологияҳои истифодашаванда	Вазифа
1	Қисми серверӣ (Backend)	Python, Django, FastAPI	Коркарди мантиқи барнома, идоракунии маълумот ва пайвастшавӣ бо базаи додаҳо
2	Қисми корбарӣ (Frontend)	HTML, CSS, JavaScript, React	Таҳияи интерфeyси корбар ва намоиши маълумот дар веб-платформа
3	Базаи додаҳо	PostgreSQL, MySQL, MongoDB	Нигоҳдорӣ ва идоракунии маълумоти донишҷӯён, омӯзгорон ва равандҳои таълим
4	Таҳлили додаҳо	Python (Pandas, NumPy), Scikit-learn	Таҳлили маълумоти таълимӣ ва пешгӯии натиҷаҳои таълим
5	Зехни сунъӣ	TensorFlow, PyTorch	Татбиқи алгоритмҳои зехни сунъӣ ва омӯзиши мошинӣ
6	Хизматрасонии абрӣ	AWS, Google Cloud, Microsoft Azure	Нигоҳдорӣ ва идоракунии инфрасохтори серверӣ
7	Муошират ва API	REST API, GraphQL	Пайваст намудани модулҳои гуногуни система
8	Контейнеризатсия	Docker, Kubernetes	Идоракунии барномаҳо ва баланд бардоштани устувории система
9	Системаи назорати версия	Git, GitHub, GitLab	Идоракунии версияҳои барнома ва ҳамкориҳои таҳиягарон
10	Амнияти иттилоотӣ	SSL, OAuth, JWT	Ҳифзи маълумот ва таъмини амнияти система

Дар баҳши таҳлили додаҳо ва зехни сунъӣ[9] китобхонаҳои барномавии махсус истифода мегарданд. Барои коркарди оморӣ ва таҳлили додаҳо Pandas ва NumPy истифода мешаванд. Барои сохтани моделҳои омӯзиши мошинӣ Scikit-learn, TensorFlow ё PyTorch татбиқ мегарданд. Ин воситаҳо имкон медиҳанд, ки пешгӯии натиҷаҳои таълимӣ, таҳлили фаъолият ва ташкили тавсияҳои инфиродӣ амалӣ карда шавад.

Барои ҷойгиркунӣ ва идоракунии инфрасохтор технологияҳои контейнеризатсия, аз ҷумла Docker истифода мешаванд. Docker имкон медиҳад, ки барномаҳо дар муҳити ҷудогона ва устувор иҷро шаванд. Барои идоракунии контейнерҳо ва тақсимои сарборӣ Kubernetes истифода бурдан мумкин аст. Истифодаи инфрасохтори абрӣ (cloud computing) дастрасӣ ва миқёспазирии системаро беҳтар менамояд[10].

Таъмини амнияти иттилоотӣ бо истифода аз механизмҳои аутентификатсия ва авторизатсия амалӣ мегардад. Протоколҳои рамзгузорӣ, сертификатҳои амниятӣ (SSL/TLS) ва системаҳои мониторинги амният барои ҳифзи маълумоти шахсӣ ва таълимӣ истифода мешаванд. Нусхабардориҳои эҳтиётӣ ва барқарорсозии додаҳо низ қисми муҳими татбиқи технологӣ ба ҳисоб меравад.

Ҳамин тариқ, татбиқи технологиҳои «Донишгоҳи интеллектуалӣ» маҷмӯи барномаҳо ва воситаҳои муосири барномасозиро дар бар мегирад, ки дар ҳамгирой бо ҳам экосистемаи рақамии

устувор ва самаранокро ташкил медиҳанд. Интихоби дурусти технологияҳо ва татбиқи онҳо заминаи рушди минбаъдаи донишгоҳ ва мутобиқшавии он ба талаботи иқтисоди рақамиро фароҳам месозад.

Тархрезӣ ва татбиқи экосистемаи рақамии «Донишгоҳи интеллектуалӣ» қадами муҳим дар роҳи рушди таҳсилоти олии муосир ба ҳисоб меравад. Муттаҳидсозии равандҳои таълимӣ, илмӣ ва маъмурий дар як платформаи ягона имконият медиҳад, ки сифати таҳсил баланд бардошта шуда, идоракунии самаранок гардад. Истифодаи таҳлили додаҳо ва зеҳни сунъӣ асоси қабули қарорҳои илмӣ ва стратегиро фароҳам меорад. Дар шароити иқтисоди рақамӣ маҳз чунин донишгоҳҳо метавонанд рақобатпазир ва устувор бошанд. Платформа на танҳо равандҳои дохилии донишгоҳро автоматӣ мекунад, балки сифати таҳсил, шаффофияти идоракунии ва самаранокӣ фаъолияти илмиро ба сатҳи нав мебарорад.

Адабиёт:

1. Климов А. А., Заречкин Е. Ю., Куприяновский В. П. О цифровой экосистеме современного университета // Современные информационные технологии и ИТ-образование, 2019. Т. 15, № 4. С. 815-824. DOI: 10.25559/SITITO.15.201904.815-824
2. Гуломсафдаров А.Г., Зарифбеков М.Ш. Цифровые и информационно-коммуникационные технологии в условиях быстрой индустриализации республики Таджикистан// Маводи конференсияи илмӣ-амалии байналмилалӣ «Заминаҳои илмӣ-техникӣ ва иқтисодии саноатукунонии босуръати ҷумҳурии Тоҷикистон» ДТТ, Душанбе, (24-25 ноябри соли 2023), с. 190-193
3. Неборский Егор Валентинович, Цифровая экосистема как средство цифровой трансформации университета, Мир науки. Педагогика и психология, 2021, №4, Том 9 2021, № 4, Vol 9 .
4. Голышкова И.Н. Анализ ключевых составляющих модели «Цифровой университет» // E-Management. 2020. № 3. С. 53-61.
5. Неборский, Е.В. Реконструирование модели университета: переход к формату 4.0 / Е.В. Неборский // Мир науки. – 2017. – Том 5, № 4. – [Электронный ресурс].
6. Мамадшоев М.М., Назарзода Р. С. Использование искусственного интеллекта для онлайн-обучения// Материалы республиканской научно-практической конференции на тему «Научные инновации и изобретения в точных и инженерных науках как ключевой фактор устойчивого развития», посвящённой 35-летию Государственной независимости Республики Таджикистан и «2020-2040 годам: Двадцатилетию изучения и развития естественных, точных и математических наук в области науки и образования» (Технологический университет Таджикистана, город Душанбе, 24-25 апреля 2026 года). – С. 370-375.
7. Турсунов Р.Д., Гуломсафдаров А.Г. ИКТ как ключевой фактор индустриализации таджикстана: достижения, вызовы и перспективы// Маводҳои конференсияи ҷумҳуриявӣ “Бистсолаи омӯзиш ва рушди фанҳои табиатшиносӣ, дақиқ ва риёзӣ дар соҳаи илму маориф” асоси саноатукунонии босуръати ҚТ», ДТТ, Душанбе, 26.04.24.
8. Кузнецов С.Д. Базы данных: проектирование и разработка. – Санкт-Петербург: Питер, 2022. – 448 с.
9. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – Москва: Вильямс, 2022. – 1408 с.
10. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. – Санкт-Петербург: Питер, 2021. – 960 с.
11. Назарзода Р.С., Саидов И.Дж. Отечественная платформа lms.avesto.tj как цифровая интеллектуальная среда управления обучением и развития персонала // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2026. – № 3 (66). – С. 112-126. – EDN: DQTVKS.

12. Назарзода Р.С. Системы автоматизированной проверки программ как инновационная технология в обучении серии дисциплин по программированию // Вестник Технологического университета Таджикистана. – 2024. – № 3 (58). – С. 147-159. – EDN: AHWYDQ.

Муқарриз: н.и.т., дотсент Бандишоева Р.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ «УМНОГО УНИВЕРСИТЕТА»

В статье рассматриваются вопросы разработки и внедрения модели «умного университета» как одного из важнейших направлений цифрового развития высших учебных заведений. В условиях стремительного развития информационных и коммуникационных технологий применение современных цифровых подходов для повышения качества образования и эффективности управления приобретает особое значение. В статье представлена разработка алгоритма и внедрение интеллектуального университета, проанализированы его основные этапы от определения системных целей и требований до проектирования, разработки, внедрения и мониторинга работы платформы. Особое внимание уделяется созданию цифровой инфраструктуры, разработке баз данных, автоматизации учебного процесса и интеграции основных системных модулей. В качестве основных компонентов платформы предлагаются модули управления учебным процессом, электронный факультет, научная и инновационная деятельность, образовательная деятельность, цифровая библиотека, анализ данных, электронные таблицы и общение. В статье показана роль анализа данных и технологий искусственного интеллекта в принятии управленческих решений и повышении качества образования.

Результаты исследования показывают, что внедрение интеллектуального университета может способствовать улучшению управления ресурсами, повышению эффективности образовательной и научной деятельности, расширению доступа к цифровым ресурсам и развитию инновационной среды. Предложенный алгоритм может быть использован в качестве методологической основы для разработки и внедрения современных цифровых систем в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: умный университет, цифровая экосистема, цифровые технологии, анализ данных, искусственный интеллект, электронное обучение, облачная инфраструктура, цифровая платформа.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE DIGITAL ECOSYSTEM OF THE "SMART UNIVERSITY"

The article discusses the development and implementation of the "smart university" model as one of the most important areas of digital development of higher education institutions. In the context of the rapid development of information and communication technologies, the use of modern digital approaches to improve the quality of education and management effectiveness is of particular importance. The article presents the development of an algorithm and the implementation of an intelligent university, analyzes its main stages from defining system goals and requirements to designing, developing, implementing and monitoring the platform. Special attention is paid to the creation of digital infrastructure, database development, automation of the educational process and integration of the main system modules. The main components of the platform are educational process management modules, electronic faculty, scientific and innovative activities, educational activities, digital library, data analysis, spreadsheets and

communication. The article shows the role of data analysis and artificial intelligence technologies in making managerial decisions and improving the quality of education.

The results of the study show that the introduction of an intelligent university can contribute to improving resource management, increasing the effectiveness of educational and scientific activities, expanding access to digital resources and developing an innovative environment. The proposed algorithm can be used as a methodological basis for the development and implementation of modern digital systems in higher education institutions.

Keywords: smart university, digital ecosystem, digital technologies, data analysis, artificial intelligence, e-learning, cloud infrastructure, digital platform.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Ғулумсафдаров Абдулназар Ғулумназарович – номзади илмҳои техникӣ, и.в. дотсенти кафедраи барномасозӣ ва зехни сунъӣ, Донишгоҳи технологии Тоҷикистон, e-Mail: abdulnazarg80@gmail.com. ORCID: 0009-0009-0282-6635.

Одинаев Баҳриддин Муътабарович – магистранти курси 1-уми ихтисоси «Системаи компютерӣ ва Интернет-технологияҳо», Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. e-Mail: baodinaev43@gmail.com. ORCID: 0009-0007-0411-0548.

Сведения об авторах:

Ғулумсафдаров Абдулназар Ғулумназарович – кандидат технических наук, и.о. доцента кафедры программирования и искусственного интеллекта, Технологический университет Таджикистана. e-Mail: abdulnazarg80@gmail.com. ORCID: 0009-0009-0282-6635.

Одинаев Баҳриддин Муътабарович – магистр 1-го курса по специальности «Компьютерные системы и Интернет-технологии», Технологический университет Таджикистана. e-Mail: baodinaev43@gmail.com. ORCID: 0009-0007-0411-0548.

Information about the authors:

Ghulomsafdarov Abdunazar Ghulomnazarovich – candidate of technical sciences, acting associate professor of the department of programming and artificial intelligence, Technological University of Tajikistan. e-Mail: abdulnazarg80@gmail.com. ORCID: 0009-0009-0282-6635.

Odinaev Bahriddin Mutabarovich – 1st year master student majoring on «Computer Systems and Internet Technologies», Technological University of Tajikistan. e-Mail: baodinaev43@gmail.com. ORCID: 0009-0007-0411-0548.

ТДУ 37.018.43:004.89:004.94

ТАМОЮЛҲОИ РУШДИ МУҲИТҲОИ ЗЕҲНИИ РАҚАМИИ ТАЪЛИМ ВА ШАРҲИ АДАБИЁТИ ИЛМИИ МАРБУТ БА ОНҲО

Комилиён Ф.С., Тағоев Ш.Х.

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар мақола тамоюлҳои муосири рушди муҳитҳои зехнии рақамии таълим ҳамчун системаҳои мураккаби иттилоотӣ идоракуни мавриди баррасӣ қарор гирифтаанд. Шарҳи адабиёти илмӣ оид ба масъалаҳои рақамикунони раванди таълим, ташаккули системаҳои зехнии

омӯзишӣ, платформаҳои мутобикшавандаи таълимӣ ва усулҳои идоракунии чараёнҳои иттилоотӣ дар муҳитҳои тақсимшудаи таълимӣ анҷом дода шудааст. Таваҷҷуҳи махсус ба таҳлили системаҳои хизматрасонии оммавӣ, усулҳои таҳлили системавӣ, технологияҳои нейрошабакавӣ ва усулҳои зехнии коркарди иттилоот, ки дар системаҳои муосири таълимӣ истифода мешаванд, равона гардидааст. Таҳлили муқоисавии платформаҳои амалкунандаи электронии таълимӣ, аз ҷумла Moodle, Coursera, Khan Academy ва Google Classroom гузаронида шудааст. Зарурати таҳияи методологияи нави таҳлили системавӣ ва идоракунии нейрошабакавии системаҳои хизматрасонии оммавӣ дар муҳитҳои электронии таълими зехнӣ асоснок карда мешавад. Натиҷаҳои таҳлил нишон медиҳанд, ки истифодаи технологияҳои зехнӣ сунъӣ имконияти баланд бардоштани самаранокии раванди таълимро фароҳам меорад. Ҳамчунин, нақши омӯзиши мошинӣ ва шабакаҳои нейронӣ дар мутобиксозии муҳтавои таълимӣ ва пешгӯии фаъолияти омӯзандагон арзёбӣ шудааст. Дар асоси таҳқиқот самтҳои афзалиятноки рушди муҳитҳои зехнии рақамии таълим ва роҳҳои тақмили механизмҳои идоракунии онҳо муайян гардидаанд. Натиҷаҳои таҳқиқот метавонанд ҳамчун асоси илмӣ барои рушди минбаъдаи муҳитҳои зехнии рақамии таълим ва тақмили технологияҳои идоракунии онҳо истифода шаванд.

Калидвожаҳо: муҳити зехнии таълим, системаҳои иттилоотӣ ва идоракунӣ, таҳлили системавӣ, системаи хизматрасонии оммавӣ, усули нейрошабакавӣ, зехнӣ сунъӣ, таълими мутобикшаванда, коркарди иттилоот, Moodle, Coursera, Khan Academy, Google Classroom.

Муқаддима. Марҳилаи кунунии рушди технологияҳои иттилоотӣ ва коммуникатсионӣ бо ҷорисозии тадриҷӣ ва суръатноки платформаҳои рақамӣ ба соҳаи маориф тавсиф карда мешавад. Рушди технологияҳои фосилавии таълим, равишҳои таълими электронӣ ва системаҳои зехнии идоракунии раванди таълим зарурати таҳияи усулҳои нав ба нави моделсозӣ, таҳлил, пешгӯӣ ва идоракунии равандҳои иттилоотиро дар муҳитҳои муосири таълим ба миён овардааст [1-6].

Муҳитҳои зехнии рақамии таълим системаҳои мураккаби тақсимшудаи иттилоотӣ ба ҳисоб рафта, дар шароити номуайянии сарбории ҳисоббарорӣ, динамикаи баланди дархостҳои таълимгирандагон ва зарурати таъмини сифати қонеъкунандаи хизматрасониҳои таҳсилотӣ фаъолият менамоянд. Ҳамзамон, дар ҷунин системаҳо равандҳои мутобиксозии муҳтавои маводди таълим, коркарди ҳаҷми калони иттилоот, мониторинги фаъолияти таълимии хонандагон ё донишҷӯён, назорати автоматикунонидашудаи сатҳи дониши онҳо ва дастгирии қабули қарорҳои идоракунӣ амалӣ мегарданд [7].

Айни замон дар тамоми ҷаҳон, аз ҷумла Ҷумҳурии Тоҷикистон, барои зехнӣкунонии равандҳои таълим ба истифодаи усулҳои зехнӣ сунъӣ, технологияҳои нейрошабакавӣ ва равишҳои омӯзиши мошинӣ таваҷҷуҳи зиёд зоҳир мешавад [6-7]. Аммо, сарфи назар аз кӯшишҳо, масъалаҳои идоракунии дараҷаи мутобикшавандагии сарборӣ, таҳлили системавии равандҳои хизматрасонии дархостҳои иттилоотӣ ва оптимизатсияи шароити муҳитҳои тақсимшудаи таълим то ҳанӯз дар ҳадди зарурӣ таҳқиқнашуда боқӣ мемонанд.

Бинобар ин, ҳадафи таҳқиқоти мазкур аз таҳлили тамоюлҳои муосири рушди муҳитҳои зехнии электронии таълим ва шарҳи адабиёти илмӣ ба ин масъала вобаста ва инчунин аз муайянсозии мушкilotи илмӣ марбут ба масъалаҳои таҳлили системавӣ ва идоракунии нейрошабакавии равандҳои хизматрасонӣ дар системаҳои таълимӣ иборат мебошад.

Марҳилаҳои рушди муҳитҳои рақамии таълим. Технологияҳои рақамии таълим пай дар пай ҷор марҳилаи рушдро тай намуда, ҳар кадоме дар автоматикунонии раванди таълим ва ҳамгирӣ бо технологияҳои иттилоотӣ нақши муайян бозидаанд (расми 1).

Дар марҳилаи якум системаҳои электронии таълим асосан ба иҷрои вазифаҳои нигоҳдорӣ ва интиқоли маводди таълимӣ равона шуда буданд. Бо ёрии системаҳои мазкур ба китобҳои электронӣ, дастурҳои методӣ ва рӯнамоҳо (презентатсияҳо) дастрасӣ пайдо карда мешуд [8-10]. Аммо вазифаи асосии онҳо рақамикунонии муҳтавои маъмули маводди таълимӣ ба ҳисоб мерафт.

Марҳилаи дуҷуми рушди муҳитҳои рақамии таълим бо пайдоиш ва пешрафти системаҳои таълими фосилавӣ ва платформаҳои идоракунии таълим (LMS – Learning Management System – системаи идоракунии таълим) алоқамандӣ дорад. Дар марҳилаи мазкур асосан вазифаҳои бақайдгирии донишҷӯён (хонандагон), мониторинги натиҷаҳои таълими онҳо, санҷиши автоматикунонидашудаи сатҳи дониши онҳо ва идоракунии курсҳои таълимӣ коркард шуда, амалӣ гардонида шуданд [11-12].

Хусусияти фарқкунандаи марҳилаи сеюм аз марҳилаҳои қаблӣ, пеш аз ҳама, дар ҷорисозии усулҳои зеҳнии таҳлили иттилоот (маълумот) ва фардисозии раванди таълим дар муассисаҳои таҳсилотӣ инъикос ёфтааст. Дар муҳитҳои таълим аз усулҳои таҳлили зеҳнии иттилоот, омӯзиши мошинӣ, алгоритмҳои тавсиядиҳанда ва механизмҳои ташаққули муҳтавои мутабоқиқшавандаи таълим васеъ истифода бурда мешуд [13-14].



Расми 1. Марҳилаҳои рушди технологияҳои рақамии таълим: аз системаҳои электронии таълим то муҳитҳои зеҳнии худмутабоқиқшаванда

Марҳилаи муносири рушди муҳитҳои рақамии таълим (марҳилаи чорум) бо ҳамгирии технологияҳои зеҳни сунъӣ, системаҳои тақсимшуда, усулҳои ҳисоббарориҳои абрӣ ва моделҳои нейрошабакавии идоракунии раванди таълим алоқаманд мебошад. Муҳитҳои зеҳнии рақамии таълим ба системаҳои мукаммали худмутабоқиқшаванда табдил ёфта, дорои имконияти таҳлили

рафтори донишҷӯёну хонандагон ба сифати корбарони система, пешгӯии натиҷаҳои таълим ва тағйирдиҳии динамикии параметрҳои фаъолияти худ мегарданд [15].

Бояд таъкид дошт, ки дар шароити мунтазам афзоишёбандаи теъдоди корбарони система ва афзудани ҳаҷми муҳтавои маводди таълим масъалаҳои устуворӣ, микёсбандӣ ва идоракунии зехнии чараёнҳои иттилоотӣ ба худ аҳаммияти махсус касб менамоянд. Ҳалли масъалаҳои мазкур, ки қабл аз ҳама ба рушди муҳитҳои рақамии таълим ва системаҳои зехнии омӯзишӣ равона шудаанд, дар қорҳои илмӣ муҳаққиқони кишварҳои гуногуни ҷаҳон, ИДМ ва Ҷумҳурии Тоҷикистон инъикос ёфтаанд [2-7; 16-17].

Масъалаҳои рақамикунони низоми маориф, коркарди зехнии иттилоот, таҳияи системаҳои идоракунии равандҳои таълимӣ ва татбиқи технологияҳои зехни сунъӣ дар муҳитҳои таълимии Тоҷикистон дар таҳқиқоти олимони ватанӣ баррасӣ шуда, қисман ҳалли худро ёфтаанд [10-15]. Дар рушди ин самтҳо, аз ҷумла усулҳои моделсозии математикию компютерӣ, таҳлили системавӣ, технологияҳои мултимедиявӣ бозӣ дар муоширати виртуалӣ, хизматрасонии оммавӣ дар коркарди дархостҳои онлайнӣ, инчунин татбиқи архитектураи микросервисӣ ва моделҳои BERT барои оптимизатсияи тақсмоти захираҳо ва алгоритмсозии гардиши зехнии ҳуҷҷатҳо, саҳми мактаби илмӣ муҳаққиқи тоҷик Ф.С. Комилиён [6-11; 18-19] ва дигар олимони кишвар [12-15] назаррас мебошад.

Системаҳои зехнӣ ва муҳитҳои мутобикшавандаи таълимӣ. Системаҳои зехнии таълимӣ комплексҳои барномавӣ ва техникӣ мебошанд, ки ба автоматикунони равандҳои таълим, таҳлили маводди таълимӣ ва қабули қарорҳои идоракунии чараёнҳои таълим равона гардида, аз усулҳои зехни сунъӣ ба таври васеъ истифода мебаранд.

Яке аз равишҳои марказии рушди муҳитҳои зехнии таълим шакли таълими мутобикшаванда ба шумор меравад. Системаҳои мутобикшавандаи таълимӣ қодиранд, ки сохтор ва муҳтавои маводди таълимиро вобаста ба сатҳи омодагии донишҷӯён ё хонандагон, хусусиятҳои когнитивӣ (ё маърифатӣ) ва натиҷаҳои назорати ҷорӣ сатҳи дониши онҳо тағйир диҳанд.

Дар рушду такоммули системаҳои зехнии таълимӣ муҳаққиқони кишварҳои ҷаҳон, аз ҷумла олими амрикоӣ В.Р. Вулф (В.Р. Вулф) [20], нидерландӣ-амрикоӣ V. Aleven (В. Алевен) [21], канадой R. Nkambou (Р. Нкамбу) [22] ва бритониёӣ J. Self (Ҷ. Селф) [23] саҳми босазо гузоштаанд. Масъалаҳои марказии таҳқиқоти ин олимони се самти асосии системаҳои зехнии таълимӣ ташкил додаанд: *омӯзиши мутобикшаванда* (adaptive learning – мутобик сохтани муҳтавои маводди таълимӣ ба сатҳи дониш ва хусусиятҳои инфиродии омӯзандагон), *дастгирии зехнии қабули қарорҳои идоракунӣ* (intelligent decision support – дар интихоби стратегияҳои самараноки таълим истифода бурдан аз усулҳои зехни сунъӣ), *моделсозии рафтори омӯзандагон ва фардисозии равандҳои таълимӣ* (learner modeling – таҳлили сатҳи дониш, қобилият ва рафтори омӯзандагон).

Дар пешбурди соҳаи системаҳои зехнии таълимӣ хусусан муҳаққиқи амрикоӣ Беверли Парк Вулф (Beverly Park Woolf) нақши назаррас дорад. Ӯ муддатҳои тӯлонӣ дар самти ташкили муҳитҳои зехнии таълим ва омӯзиши мутобикшаванда қорҳои зиёди таҳқиқотӣ анҷом дода, дар таҳия ва ҳалли масъалаҳои системаҳои зехнии омӯзишӣ, мониторинги фаъолияти таълимӣ дар вақти воқеӣ, мутобиксозии муҳтавои таълим ба хусусиятҳои инфиродии омӯзандагон ва татбиқи усулҳои зехни сунъӣ дар болобарии самаранокии таълим мавқеи асосиро ба даст овардааст. Ҳоло китоби маъруфи ӯ «Building Intelligent Interactive Tutors» (Омодасозии мураббӣи интерактивии зехнӣ) [20] ба яке аз манбаҳои асосии иттилоот дар соҳаи системаҳои зехнии таълимӣ таъдир ёфтааст.

Олими нидерландию амрикоӣ Винсент Алевен (Vincent Aleven) муҳаққиқи маъруфи системаҳои омӯзиши мутобикшаванда ва таълими зехнӣ ба шумор рафта, хусусан зимни таҳия ва татбиқи ин системаҳо дар илмҳои математика ва дигар фанҳои дақиқ шӯҳрат пайдо кардааст [21]. Таҳқиқоти ӯ асосан ба моделсозии дониш ва малакаҳои донишҷӯён, омӯзиши ҳамгироёнаи инсон ва системаҳои зехнӣ, таҳияи системаҳои худомӯз ва омӯзиши инфиродӣ, арзёбии автоматии пешрафти таълимӣ ва ғайра бахшида шудаанд.

Олими канадой Роже Нкамбу (Roger Nkambou) яке аз мутахассисони варзидаи соҳаи AIED (зеҳни зунӣ дар таҳсилот) ба ҳисоб меравад. Таҳқиқоти ӯ асосан ба болобарии сатҳи фардисозии омӯзиш ва истифодаи технологияҳои зеҳнӣ барои таъмини сифати таълим равона гардидаанд. Самтҳои дигари фаъолияти илмӣ ӯро муҳитҳои зеҳнии таълим, истифодаи усулҳои зеҳни сунӣ дар таҳсилот, моделсозии рафтор, системаҳои дастгирии қабули қарорҳои идоракунии дар раванди таълим ва ғайра ташкил медиҳанд [22].

Олими бритониёӣ Љон Селф (John Self) яке аз асосгузори назариявии системаҳои зеҳнии таълимӣ [23] дар замони муосир шинохта шуда, аввалин муҳаққиқест, ки консепсияи «моделҳои донишҷӯ» (student model)-ро пешниҳод кардааст. Ӯ зимни иҷрои қорҳои илмӣ таҳқиқотӣ бештар ба самтҳои назарияи системаҳои зеҳнии таълимӣ, моделсозии сатҳи дониш ва рафтори омӯзандагон, ташкили муколамаи зеҳнии байни омӯзанда ва система ва инчунин рушди усулҳои омӯзиши мутобикшаванда таваҷҷуҳ зоҳир намудааст.

Маҳз таҳқиқотҳои олимони болозикр заминаҳои илмӣ рушди муҳитҳои муосири таълими зеҳнӣ ба вуҷуд оварда, асосҳои назариявии платформаҳои рақамӣ таълим, системаҳои омӯзиши мутобикшаванда ва системаҳои зеҳнии таълимиро ташкил додаанд.

Бо истифода аз натиҷаҳои илмӣ ин муҳаққиқон [20-23], ба ҷузъҳои асосии системаҳои зеҳнии таълимӣ инҳоро дохил кардан мумкин аст:

- зерсистемаи идоракунии муҳтавои маводди таълимӣ;
- зерсистемаи таҳлили фаъолияти қорбари система (донишҷӯ ё хонанда);
- модули зеҳнии қабули қарори идоракунии;
- модули мутобиксозии ҳатти (траекторияи) таълим;
- зерсистемаи мониторинг ва арзёбии сатҳи дониши қорбари система.

Зимни истифодаи усулҳои зеҳнӣ метавонад самаранокии раванди таълим баланд бардошта шуда, вақти қоркарди дархостҳои таълимии қорбарон коҳиш дода шавад ва сифати хизматрасониҳои таҳсилотӣ беҳтар гардонида шавад.

Дар ин маврид низ бояд ҳатман хотирнишон кард, ки платформаҳои навини таълимӣ дар шароити сарбориҳои калони ҳисоббарорӣ амал мекунанд. Фаъолияти якҷояи миқдори зиёди қорбарон ба пайдо шудани навбатҳои калони иҷрои дархостҳои онҳо, таъхири қоркарди иттилооти дархостӣ ва ҳамчун натиҷа, зарурати тақсимои динамикии захираҳои ҳисоббарориро пеш меоранд.

Дар чунин шароит муҳитҳои таълимиро метавон ҳамчун системаҳои хизматрасонии оммавӣ баррасӣ, қабул ва арзёбӣ намуд, ки дар онҳо ҷараёнҳои дархостҳои қорбарон барои қоркард ба зерсистемаҳои мувофиқи ҳисоббарорӣ ворид карда мешаванд.

Системаҳои хизматрасонии оммавӣ дар муҳитҳои зеҳнии таълим. Назария ва амалияи системаҳои хизматрасонии оммавӣ яке аз самтҳои бунёдии таҳқиқ ва арзёбии равандҳои қоркарди ҷараёнҳои дархостҳои қорбарон дар системаҳои мураккаби иттилоотӣ шинохта шудаанд.

Ба объектҳои асосии хизматрасониҳои таҳсилоти дар заминаи платформаҳои таълимӣ амалкунанда инҳо дохил мешаванд:

- дархостҳои таълимии донишҷӯён (ё хонандагон);
- муроҷиаткунӣ ба муҳтавои маводди таълимӣ;
- равандҳои санҷиши сатҳи дониши қорбарони система;
- амалиёти вобаста ба таҳлили натиҷаҳои таълим (арзёбии сатҳи дониши донишҷӯён ё хонандагон);
- масъалаҳои ҳисоббарории модулиҳои зеҳнии муҳити таълим.

Дар системаҳои классикии хизматрасонии оммавӣ маъмулан ҷараёнҳои пуассонӣ (Poisson processes), равандҳои марковӣ (Markov processes) ва моделҳои эҳтимолии тақсимои вақти хизматрасонӣ истифода мешаванд.

Чараёни Пуассон раванди амалишавии ҳодисаҳоеро моделсозӣ мекунад, ки онҳо дар вақтҳои номаълум, новобаста аз яқдигар, ба таври тасодуфӣ ва бо суръати миёнаи доимӣ рӯй медиҳанд. Микдори ҳодисаҳои дар як фосилаи вақт рӯйдиҳанда танҳо ба дарозии фосилаи мазкур вобаста буда, ба таърихи гузаштаи ҳодисаҳо ягон алоқамандӣ надорад. Раванди Марков бошад, чараёни тасодуфии ҳодисаҳоеро моделсозӣ мекунад, ки барои пешгӯӣ кардани вазъи минбаъдаи онҳо, донишмандони вазъи ҷориашон кофӣ буда, таърихи гузаштаашон тамоман аҳамият надорад [11; 16-17].

Дар системаҳои классикии хизматрасонии оммавӣ бештар чунин моделҳои эҳтимолии тақсимои вақти хизматрасонӣ истифода мешаванд: системаҳои якканала ва бисёрканалаи хизматрасонӣ, системаҳои афзалиятнок ва системаҳои мутобиқшавандаи хизматрасонӣ. Аммо дар муҳитҳои зехнии таълим истифодаи моделҳои маъмул бо маҳдудиятҳои зиёд амалӣ карда мешаванд.

Азбаски платформаҳои воқеии таълимӣ дорои хусусиятҳои тағйирёбии шадиди сарборӣ, ғайриякхелагии чараёнҳои дархостҳо, вобастагии равандҳои хизматрасонӣ аз рафтори корбарон ва сохтори динамикии захираҳои ҳисоббарорӣ мебошанд, зарурати таҳия ва коркарди усулҳои нави моделсозӣ ва идоракунии, ки ба ҳамгирии усулҳои зехни сунъӣ, моделсозии стохастикӣ ва таҳлили системавӣ асос ёфтаанд, пеш меояд.

Ҳалли масъалаҳои идоракунии чараёнҳои дархостҳо ва оптимизатсияи равандҳои хизматрасонӣ дар системаҳои тақсимшудаи ҳисоббарорӣ дар қорҳои илмии математик ва муҳандиси телекоммуникатсионии даниягӣ А.К. Erlang (А.К. Эрланг) [24] ва донишмандони амрикоӣ L. Kleinrock (Л. Клейнрок) [25] ва D. Gross (Д. Гросс) [26] пешниҳод шудаанд. Тадқиқоти онҳо асосҳои математикии назарияи хизматрасонии оммавӣ, таҳлили системаҳои бисёрканала, моделсозии чараёнҳои дархостҳо ва оптимизатсияи тақсимои захираҳои ҳисоббарориро ташаккул дода, заминаҳои назариявии системаҳои муосири тақсимшуда ва шабакаҳои компютериро ба вуҷуд овардаанд.

Аз ҷумла, олими даниягӣ Агнер Краруп Эрланг (Agner Krarup Erlang) бунёдгузори назарияи хизматрасонии оммавӣ ба шумор меравад. Ӯ дар ибтидои қарни гузашта бо мақсади таҳқиқи шабакаҳои телефонӣ моделҳои математикиеро таҳия намуд, ки бо ёрии онҳо микдори оптималии каналҳои хизматрасонӣ ва эҳтимолияти иҷрои навбатҳоро ҳисоб кардан имконпазир гардид [24]. Дар системаҳои алоқа, марказҳои хизматрасонӣ ва шабакаҳои компютерӣ то ҳол аз формулаҳои машҳури ӯ «Erlang B» ва «Erlang C» истифода мебаранд.

Муҳаққиқи амрикоӣ Леонард Клейнрок (Leonard Kleinrock) бошад, яке аз асосгузори назариявии шабакаҳои компютерӣ ва интернет [25] дониста мешавад. Ӯ барои таҳлили фаъолияти шабакаҳои интиқоли иттилоот усулҳои назарияи хизматрасонии оммавиро татбиқ намуда, дар ин замина моделҳои математикии ҳаракати чараёнҳои иттилоотиро дар шабакаҳои тақсимшуда ҳосил намудааст. Тадқиқоти ӯ дар зухур ва рушди шабакаи ARPANET, ки баъдан номи интернетро ба худ қабул кард, беназир аст.

Донишманди дигари амрикоӣ Доналд Гросс (Donald Gross), ки усулҳои таҳлили системаҳои бисёрканала, моделсозии навбатҳо ва оптимизатсияи равандҳои хизматрасониро таҳия намудааст, дар ҷаҳон ҳамчун мутахассиси маъруфи назарияи хизматрасонии оммавӣ ва тадқиқи амалиёт шинохта мешавад. Ӯ дар ҳаммуаллифӣ китоби машҳури «Fundamentals of Queueing Theory» (Асосҳои назарияи хизматрасонии оммавӣ)-ро таълиф намудааст [26], ки аз он дар системаҳои иттилоотӣ, шабакаҳои компютерӣ ва соҳаҳои логистикаю истеҳсолот васеъ истифода мебаранд.

Бо вуҷуди имконоти фаровони дастрасӣ ба теъдоди зиёди таҳқиқот, онҳо хусусиятҳои муҳитҳои зехнии таълимро ҳамчун системаҳои тақсимшудаи хизматрасонии оммавӣ, ки дар шароити тағйирёбандаи сарборӣ ва зарурати қабули қарорҳои идоракунии дар вақти воқеӣ фаъолият мекунанд, ба таври кофӣ ба назар намегиранд. Барои ислоҳи ин ҳолат таҳияи методологияи нави таҳлили системавӣ ва идоракунии нейрошабакавии равандҳои хизматрасонии дархостҳо дар муҳитҳои зехнии таълим зарур аст.

Усулҳои таҳқиқот: таҳлили системавӣ ва идоракунии равандҳои иттилоотӣ. Усули таҳлили системавӣ методологияи илмӣ таҳқиқи механизмҳои амалишавии ҳодисаҳо, равандҳо, объектҳо, рӯйдодҳо ва системаҳои мураккаб мебошад, ки арзёбии натиҷаҳои бадастомадаро дар асоси омӯзиши сохтор, динамикаи рафтор, вобастагии ҷузъҳо ва робитаҳои функционалии байни онҳо ба роҳ мемонад. Дар муҳитҳои зехнии таълим истифодаи усули таҳлили системавӣ имкон медиҳад, ки:

- сохтори системаи таълимӣ дар шакли моделҳои концептуалӣ, математикӣ ё компютерӣ ба намууди формалӣ (расмӣ) оварда шавад;
- динамикаи ҷараёнҳои иттилоотии система таҳқиқ карда шавад;
- робитаҳои байни зерсистемаҳои система ва ҷузъҳои алоҳидаи онҳо муайян карда шаванд;
- равандҳои таҳия ва коркарди дархостҳои корбарони система моделсозӣ карда шаванд;
- механизмҳои қабули қарорҳои идоракунӣ оптимизатсия карда шаванд.

Муҳаққиқони соҳаҳои таҳлили системавӣ ва идоракунии системаҳои мураккаби иттилоотӣ зимни баргузори таҳқиқҳои худ хатман ба корҳои илмӣ бунёдии донишманди маъруфи австриягӣ L. Bertalanffy (Л. Берталанфи) [27], олими машҳури амрикоӣ, асосгузори илми кибернетика N. Wiener (Н. Винер) [28] ва тадқиқотчи намоёни бритониёӣ S. Beer (С. Бир) [29] таъя менамоянд. Дар асарҳои таҳқиқотии ин олимони принципҳои асосии назарияи умумии системаҳо, идоракунии кибернетикӣ, алокаи баръакс (feedback – бозхурд), худтанзимшавӣ ва ташаккули системавии объектҳои мураккаб асоснок карда шудаанд. Яъне дар таҳқиқоти бунёдии онҳо заминаҳои назариявии усулҳои таҳлили системавӣ, моделсозии равандҳои мураккаби техникӣ ва биологӣ, рушди системаҳои муосири иттилоотӣ ва низомҳои зехнии идоракунӣ гузошта шудаанд.

Масалан, биологӣ назариявӣ ва файласуфи австриягӣ, асосгузори назарияи умумии системаҳо Людвиг фон Берталанфи (Ludwig von Bertalanffy) дар таҳқиқоти бунёдии худ собит сохтааст, ки «объектҳои мураккаби табиат, техника ва ҷомеа метавонанд ҳамчун системаҳои ба ҳам алоқаманд таҳлил карда шаванд» [27]. Имрӯз назарияи таҳиянамудаи Берталанфи асоси рушди инкишофи усулҳои таҳлили системавӣ, моделсозии объектҳои мураккаб ва идоракунии системаҳои динамикиро ташкил медиҳад.

Математики амрикоӣ сатҳи ҷаҳонӣ Норберт Винер (Norbert Wiener) бошад, дар асари машҳури худ «Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine» (Кибернетика: ё идоракунӣ ва коммуникатсия дар олами ҳайвонот ва мошинҳо) принципҳои асосии идоракунӣ, алокаи баръакс, мубодилаи иттилоот ва худтанзимшавии системаҳои мураккабро сохта, асоснок кардааст [28]. Ғояҳои Винер зимни таҳияи системаҳои автоматӣ, коркарди шабакаҳои иттилоотӣ ва системаҳои зехнии идоракунӣ ба таври васеъ истифода мешаванд.

Дар ҳамин радиф, олими бритониёӣ Стаффорд Бир (Stafford Beer), ки яке аз асосгуздорони кибернетикаи идоракунӣ ба ҳисоб меравад, модели маъруфи худ VSM (Viable System Model – модели системаи қобили ҳаёт)-ро барои таҳлили сохтор ва идоракунии системаҳои мураккаб таҳия намуда [29], тавассути натиҷаҳои ҳосилшуда ҳалшавандагии масъалаҳои қабули қарорҳои идоракунӣ, идорашавандагии ташкилотҳои бузург ва мутобиқшавандагии системаҳои мураккабро ба тағйироти муҳити беруна собит сохтааст.

Ҳамин тариқ, усулҳои муосири идоракунии равандҳои иттилоотии муҳитҳои зехнии таълим маҳз бар пояи равишҳои идоракунии зехнии ин системаҳо, дастгирии қабули қарорҳои идоракунӣ, оптимизатсияи бисёрмереъӣ ва механизмҳои мутобиқшавандаи тақсимои захираҳо ба роҳ монда шудаанд, ки бунёди онҳоро муҳаққиқони болозикр гузоштаанд. Хусусан дар ин муҳитҳои таълимӣ низомҳои тақсимшудаи идоракунӣ мақоми хоссаро соҳиб гаштаанд, ки фаъолияти платформаҳои таълимиро дар шароити дастрасии бисёрқарбӣ ва инфрасохтори абрӣ таъмин менамоянд.

Умуман, истифодаи равиши системавӣ имкон медиҳад, ки ҳам хусусиятҳои рафтори корбарони системаи таълимӣ ва ҳам хусусиятҳои техникии муҳити ҳисоббарорӣ ба инобат гирифта шаванд.

Усулҳои зехни сунъӣ ва нейрошабакавӣ дар системаҳои таълимӣ. Вақтҳои охир дар самтҳои зерини системаҳои таълимӣ рушди босуръати усулҳои зехни сунъӣ ва технологияҳои нейрошабакавӣ мушоҳида мегардад:

- шабакаҳои нейронии сунъӣ;
- архитектураҳои трансформерӣ;
- моделҳои рекуррентии нейрошабакавӣ;
- омӯзиши тақвиятёбанда;
- омӯзиши амиқ.

Шабакаҳои нейронии сунъӣ асосан зимни ҳалли масъалаҳои пешгӯии сарбории системаҳои таълимӣ, коркарди зехнии иттилооти (маводди) таълимӣ, фардизоии муҳтавои маводди таълимӣ, таҳлили рафтори корбарони системаҳо (донишҷӯён ё хонандагон), танзим, ҳамохангсозӣ, тақсимои динамикӣ, масирбандӣ ва идоракунии (диспетчеризатсия) зехнии чараёнҳои дархостҳои корбарон истифода мешаванд.

Рушди усулҳои идоракунии нейрошабакавӣ ва коркарди зехнии иттилоот ба таҳқиқоти олимони маъруфи ҷаҳон, аз ҷумла муҳаққиқи бритониёӣ-канадой G. Hinton (Ҷ. Хинтон) [30], донишманди фаронсавӣ Yann LeCun (Янн ЛеКун) [31], олими канадой R. Sutton (Р. Саттон) ва тадқиқотчи амрикоӣ A. Barto (Эн. Барто) [32] алоқаманд мебошанд. Тадқиқоти онҳо ба таҳлил ва арзёбии тарзи кори шабакаҳои нейронии амиқ, омӯзиши мошинӣ, омӯзиши тақвиятёбанда, пешгӯии равандҳои динамикӣ ва идоракунии мутобиқшавандаи системаҳо бахшида шуда, асосҳои назариявӣ ва амалии системаҳои муосири зехни сунъӣ ва технологияҳои зехнии коркарди иттилоотро ташаккул додаанд.

Муҳаққиқи бритониёӣ-канадой Џеффрӣ Хинтон (Geoffrey Hinton) яке аз асосгузори технологияҳои омӯзиши амиқ (deep learning) ба ҳисоб рафта, дар рушди такомули шабакаҳои нейронии бисёрқабата, алгоритми паҳнкунии хатогӣ (backpropagation) ва шабакаҳои амиқи эътиқодӣ (deep belief networks) [30] хизматҳои шоён кардааст. Таҳқиқоти анҷомдодаи ӯ дар таҳияи системаҳои муосири зехни сунъӣ, технологияҳои шинохти нутқ ва коркарди забонҳои табиӣ нақши муассир доранд.

Муҳаққиқи фаронсавӣ Янн ЛеКун (Yann LeCun) бошад, ҳамчун мутахассиси баландпояи технологияҳои омӯзиши амиқ ва шабакаҳои нейронии конволютсионӣ (CNN – Convolutional Neural Network) машҳур гаштааст. Ӯ муаллифи усули самараноки шинохти тасвирҳо, технологияҳои коркарди сигналҳо ва омӯзиши автоматӣ мебошад [31]. Таҳқиқоти ӯ дар системаҳои компютери дохилибинӣ, соҳаи робототехника ва моделҳои муосири зехни сунъӣ аҳамияти калидӣ касб намудаанд.

Олимони канадой Ричард Саттон (Richard Sutton) ва амрикоӣ Эндрю Барто (Andrew Barto) ҳамчун асосгузори назарияи омӯзиши тақвиятёбанда (reinforcement learning) шинохта шудаанд. Онҳо яке аз аввалинҳо шуда усулҳои омӯзонидани агентҳои зехнӣро дар муҳитҳои динамикӣ, алгоритмҳои омӯзиши амиқро бо фарқиятҳои замонӣ (temporal difference learning) ва технологияҳои мутобиқшавандаи қабули қарорҳои идоракунии таҳия намудаанд. Натиҷаҳои қорҳои таҳқиқотии онҳо ҳоло дар системаҳои худмӯхтор, соҳаи робототехника ва технологияҳои идоракунии зехнӣ ба таври васеъ истифода мешаванд. Китоби машҳури онҳо «Reinforcement Learning: An Introduction» (Муқаддима омӯзиши тақвиятёбанда) яке аз сарчашмаҳои асосии ин самти илмӣ маҳсуб меёбад [32].

Архитектураҳои (моделҳои) трансформерии дар системаҳои таълимӣ истифодашаванда, ки барои боло бурдани самаранокии натиҷаҳои коркарди иттилооти матнӣ ва таъмини сифатноки

таҳлили муҳтавои маводди таълимӣ пешбинӣ шудаанд, маҳз дар заминаи таҳқиқотҳои илмӣ олимони зикршуда рӯйи кор омадаанд.

Моделҳои рекуррентии нейрошабакавӣ (RNN – Recurrent Neural Networks) ва технологияҳои LSTM (Long Short-Term Memory, намуни маҳсули RNN, ки вобастагӣҳои дарозмуддатро дар шакли маълумоти пай дар пай ба хотир мегирад) имкон медиҳанд, ки қаторҳои вақтӣ самаранок таҳлил гардида, тағйирёбии пуршиддати дархостҳои корбарони система пешгӯӣ карда шаванд. Асоси пайдоиш ва рушди технологияҳои мазкур низ ба натиҷаҳои таҳқиқотии олимони болозикр алоқамандӣ доранд.

Ҳамин тариқ, усулҳои омӯзиши тақвиятёбанда ва омӯзиши амиқ асосан барои ташкили низомҳои мутобикшавандаи идоракунии захираҳои ҳисоббарории системаҳои таълимӣ ва оптимизатсияи равандҳои хизматрасониҳои таҳсилотӣ истифода мешаванд [33].

Бо вуҷуди дар самтҳои зикршудаи системаҳои таълимӣ ба натиҷаҳои назаррас ноил гаштан, масъалаҳои баланд бардоштани устувории алгоритмҳои нейрошабакавӣ, таъмини маънидодшавандагии моделҳо ва коҳиш додани сатҳи мураккабии ҳисоббарориҳо ҳанӯз ҳам пурра ҳалношуда боқӣ мемонанд.

Натиҷаҳои таҳқиқот ва арзёбии онҳо. Таҳлилҳои гузаронидашуда нишон доданд, ки муҳитҳои муосири зехнии таълим системаҳои мураккаби тақсимшудаи иттилоотӣ идоракунии мебошанд. Ин системаҳо дар шароити динамикаи баланди дархостҳои корбарон, ғайрияқҷинсагии захираҳои ҳисоббарорӣ ва номуайянии рафтори иштирокчиёни раванди таълим фаъолият менамоянд. Дар чунин шароит таҳияи усулҳои идоракунии зехнии чараёнҳои дархостҳо, тақсими захираҳои ҳисоббарорӣ ва таъмини устувории хизматрасониҳои таълимӣ аз ҷумлаи масъалаҳои муҳими илмӣ ба ҳисоб меравад.

Якум, муайян гардид, ки марҳилаҳои асосии рушди муҳитҳои рақамии таълим бо равандҳои пайдоиш, густариш ва татбиқи технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ дар низоми маориф алоқаманд мебошанд. Дар марҳилаи аввал системаҳои рақамии таълимӣ бештар барои нигоҳдорӣ ва интиқоли маводди таълимӣ истифода шуда, дастрасии корбаронро ба китобҳои электронӣ, рӯнамоҳо ва дастурҳои методӣ таъмин менамуданд. Ҳадафи асосии ин марҳила аз рақамикунории муҳтавои маъмули (анъанавӣ) таълим иборат буд.

Дуюм, муқаррар карда шуд, ки системаҳои муосири зехнии таълимӣ комплексҳои ҳамгирошудаи техникӣ ва барномавӣ буда, пеш аз ҳама ба автоматикунории равандҳои таълим, таҳлили фаъолияти корбарони система (омӯзандагон) ва дастгирию идоракунии зехнии қабули қарорҳо равона шудаанд. Хусусияти асосии ин системаҳо аз истифодаи васеи технологияҳои таҳлили зехнии иттилоот (маълумоти додашуда, маводди таълимӣ), усулҳои зехни сунъӣ ва омӯзиши мошинӣ иборат мебошад, ки барои баланд бардоштани самаранокии раванди таълим пешбинӣ шудаанд.

Сеюм, нишон дода шуд, ки муҳитҳои мутобикшавандаи таълим бо дарназардошти хусусиятҳои инфиродии корбарони система (омӯзандагон), дар навбати аввал, барои фардисозии раванди таълим, муайянкунии сатҳи омодагии омӯзандагон, таҳлили хусусиятҳои когнитивӣ ва динамикаи азхудкунии маводди таълимӣ пешбинӣ шудаанд. Асоси системаҳои (муҳитҳои) мазкурро усулҳои моделсозии омӯзишӣ, расонидан ва таҳлили зехнии муҳтавои мутобикшавандаи маводди таълимӣ ташкил медиҳанд.

Ҳамзамон маълум гардид, ки сарфи назар аз мавҷудияти шумораи зиёди таҳқиқот, бисёр масъалаҳои таҳлили системавӣ ва идоракунии нейрошабакавии системаҳои хизматрасонии оммавӣ дар муҳитҳои зехнии таълимӣ ҳанӯз ба таври кофӣ омӯхта нашудаанд. Аз ҷумла, масъалаҳои тақсими мутобикшавандаи захираҳои ҳисоббарорӣ, идоракунии зехнии чараёнҳои дархостҳо ва таъмини устувории платформаҳои тақсимшудаи таълимӣ дар шароити сарбории баланд ба таҳқиқоти минбаъда ниёз доранд.

Хулосаҳо. Дар мақола тамоюлҳои муосири рушди муҳитҳои зехнии электрони таълим мавриди таҳлил қарор гирифта, адабиёти илмӣ марбут ба ин самт баррасӣ, тафсир ва шарҳ дода шудааст.

1) Нишон дода шуд, ки платформаҳои муосири таълимӣ системаҳои мураккаби тақсимшудаи иттилоотӣ идоракуни мебошанд ва дар шароити динамикаи баланди дархостҳои қорбарон ва сарбории назарраси ҳисоббарорӣ фаъолият менамоянд.

2) Муайян карда шуд, ки усулҳои анъанавии идоракуни ва моделҳои классикии системаҳои хизматрасонии оммавӣ имкониятҳои мутобикшавӣ ва зехникунии муҳитҳои таълимиро дар сатҳи зарурӣ таъмин ва амалӣ карда наметавонанд.

3) Зарурати таҳияи методологияи нав оид ба таҳлили системавӣ ва идоракунии нейрорабакавии системаҳои хизматрасонии оммавӣ дар муҳитҳои зехнии электрони таълимӣ аз ҷиҳати назариявӣ ва амалӣ асоснок карда шуд.

4) Муқаррар карда шуд, ки самтҳои ояндадори таҳқиқот ба таҳияи моделҳои математикии идоракунии мутобикшавандаи ҷараёнҳои дархостҳо, алгоритмҳои зехнии пешгӯии сарборӣ ва комплексҳои тақсимшудаи барномавии қоркарди иттилоот вобаста мебошанд.

Адабиёт:

1. Аверченков, В. И. Системный анализ и моделирование информационных систем [Текст] / В.И. Аверченков, С.Н. Евтушенко. – Москва: Флинта, 2020. – 312 с.
2. Андреев, А. А. Электронное обучение и дистанционные образовательные технологии [Текст] / А.А. Андреев. – М.: МЭСИ, 2013. – 196 с.
3. Баранов, А. В. Интеллектуальные обучающие системы и технологии адаптивного обучения [Текст] / А.В. Баранов // Информационные технологии. – 2021. – № 7. – С. 15-24.
4. Полат, Е. С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования [Текст] / Е.С. Полат. – М.: Академия, 2010. – 368 с.
5. Роберт, И. В. Теория и методика информатизации образования [Текст] / И.В. Роберт. – М.: ИИО РАО, 2008. – 274 с.
6. Komiliyon, F. S. Methods of Intelligent Information Processing in Distributed Educational Systems [Text] / F.S. Komiliyon // Proceedings of International Conference on Information Technologies. – 2022. – P. 112-119.
7. Комилиён, Ф. С. Внедрение микросервисной архитектуры для оптимизации распределения информационных ресурсов [Текст] / Ф.С. Комилиён, М.Ф. Рахимов // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук. – 2024. – № 2. – С. 71-79. – EDN: UZJNVI.
8. Комилиён, Ф. С. Технологии бозҳои педагогӣ дар рушди салоҳиятҳои хонандагон дар ҷараёни таълими системаҳои ҳисоб [Матн] / Ф.С. Комилиён, Ш.Х. Тағоев, А.Ш. Комилӣ. – Душанбе: ҚДММ «Ганҷи хирад», 2019. – 160 с. – EDN: OCHYDL.
9. Комилов, Ф. С. Игровая технология как разновидность интерактивной педагогической игры [Текст] / Ф.С. Комилов, Ш.Х. Тағоев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2015. – Т.2. – № 1-5-2 (188). – С. 3-10. – EDN: VVROCJ.
10. Комилов, Ф. С. Роль мультимедийных игровых технологий в образовательной среде виртуального общения [Текст] / Ф.С. Комилов, Ш.Х. Тағоев // Вестник педагогического университета. – 2015. – № 6-1 (67). – С. 60-66. – EDN: WDHEHB.
11. Ёров, М. Р. Татбиқи системаи хизматрасонии оммавӣ дар қоркарди дархостҳои онлайнӣ [Матн] / М.Р. Ёров, Ф.С. Комилиён // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2023. – № 2. – С. 42-53. – EDN: QTPBDV.
12. Umarov, S. Modeling and Optimization of Information Processes in Educational Systems [Text] / S. Umarov // Bulletin of Tajik Technical University. – 2021. – No. 2 (54). – Pp. 48-55.

13. Мирзорахимов, А. Методы математического моделирования информационных процессов [Текст] / А. Мирзорахимов. – Душанбе: Ирфон, 2019. – 144 с.
14. Сафаров, Х. Системный анализ и интеллектуальные технологии обработки информации [Текст] / Х. Сафаров. – Душанбе: Маориф, 2020. – 160 с.
15. Rahmonov, B. Intelligent Educational Platforms and Digital Transformation of Education [Text] / B. Rahmonov // Central Asian Journal of Information Technologies. – 2023. – No. 1. – P. 42-51.
16. Глушков, В. М. Введение в АСУ [Текст] / В.М. Глушков. – Киев: Наукова думка, 2019. – 420 с.
17. Кофман, А. Теория массового обслуживания [Текст] / А. Кофман – Москва: Мир, 2018. – 432 с.
18. Комилиён, Ф. С. Микросервисная архитектура: от монолита к гибким распределенным системам [Текст] / Ф.С. Комилиён, М.Ф. Рахимов // Доклады Национальной академии наук Таджикистана. – 2023. – Т. 66. – № 11-12. – С. 659-667. – EDN: LSVHDL.
19. Рахимов, М. Ф. Анализ характеристик монолитных и микросервисных архитектур [Текст] / М.Ф. Рахимов, Ф.С. Комилиён // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2023. – № 4 (193). – С. 44-54. – EDN: GHUYHC.
20. Woolf, B. P. Building Intelligent Interactive Tutors [Text] / B.P. Woolf. – Burlington: Morgan Kaufmann, 2009. – 467 p.
21. Aleven, V. Toward Meta-Cognitive Tutoring: A Model of Help Seeking with a Cognitive Tutor [Text] / V. Aleven, B. McLaren, I. Roll, K. Koedinger // International Journal of Artificial Intelligence in Education. – 2006. – Vol. 16. – No. 2. – Pp. 101-130. – DOI: 10.3233/IRG-2006-16(2)02.
22. Nkambou, R. Advances in Intelligent Tutoring Systems [Text] / R. Nkambou, J. Bourdeau, R. Mizoguchi. – Berlin: Springer, 2010. – 510 p.
23. Self, J. Theoretical Foundations for Intelligent Tutoring Systems // International Journal of Artificial Intelligence in Education [Text] / J. Self. – 1990. – Vol. 1. – No. 4. – Pp. 3-14.
24. Erlang, A. K. Solution of Some Problems in the Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchanges [Text] A.K. Erlang // Post Office Electrical Engineers' Journal. – 1917. – Vol. 10. – Part 4. – Pp. 189-197.
25. Kleinrock, L. Queueing Systems. Volume 1: Theory [Text] / L. Kleinrock. – New York: Wiley, 1975. – 417 p.
26. Gross, D. Fundamentals of Queueing Theory [Text] / D. Gross, C.M. Harris. – New York: Wiley, 1998. – 439 p.
27. Bertalanffy, L. General System Theory: Foundations, Development, Applications [Text] / L. Bertalanffy. – New York: George Braziller, 1968. – 295p.
28. Wiener, N. Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine [Text] / N. Wiener. – Cambridge: MIT Press, 1948. – 212 p.
29. Beer, S. Cybernetics and Management [Text] / S. Beer. – London: English Universities Press, 1959. – 214 p.
30. Hinton, G. Deep Learning – A Technology with the Potential to Transform Health Care [Text] / G. Hinton // JAMA. – 2018. – Vol. 320. – No. 11. – Pp. 1101-1102. – DOI: 10.1001/jama.2018.11100.
31. LeCun, Y. Deep Learning [Text] / Y. LeCun, Y. Bengio, G. Hinton // Nature. – 2015. – Vol. 521. – No. 7553. – Pp. 436-444. – DOI: 10.1038/nature14539.
32. Sutton, R. Reinforcement Learning: An Introduction [Text] / R. Sutton, A. Barto. – Cambridge: MIT Press, 2018. – 552 p.

33. Goodfellow, I. Deep Learning [Text] / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – Cambridge: MIT Press, 2016. – 800 p.

Муқарриз: д.и.ф.-м., дотсент Саидзода И.М.

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕД И ОБЗОР СВЯЗАННОЙ С НИМИ НАУЧНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

В статье рассматриваются современные тенденции развития интеллектуальных цифровых образовательных сред как сложных информационно-управляющих систем. Проведен обзор научной литературы по вопросам цифровизации образовательного процесса, формирования интеллектуальных обучающих систем, адаптивных образовательных платформ и методов управления информационными потоками в распределенных образовательных средах. Особое внимание уделено анализу систем массового обслуживания, методам системного анализа, нейросетевым технологиям и интеллектуальным методам обработки информации, используемым в современных образовательных системах. Проведен сравнительный анализ действующих электронных образовательных платформ, включая Moodle, Coursera, Khan Academy и Google Classroom. Обосновывается необходимость разработки новой методологии системного анализа и нейросетевого управления системами массового обслуживания в интеллектуальных электронных образовательных средах. Результаты анализа показывают, что использование технологий искусственного интеллекта предоставляет возможность повышения эффективности образовательного процесса. Также была проведена оценка роли машинного обучения и нейронных сетей в адаптации учебного контента и прогнозировании деятельности обучающихся. На основе исследования определены приоритетные направления развития интеллектуальных цифровых образовательных сред и пути совершенствования механизмов управления ими. Результаты исследования могут использоваться в качестве научной основы для дальнейшего развития интеллектуальных цифровых образовательных сред и совершенствования технологий управления ими.

Ключевые слова: интеллектуальная образовательная среда, информационно-управляющие системы, системный анализ, система массового обслуживания, нейросетевой метод, искусственный интеллект, адаптивное обучение, обработка информации, Moodle, Coursera, Khan Academy, Google Classroom.

DEVELOPMENT TRENDS OF DIGITAL INTELLIGENT EDUCATIONAL ENVIRONMENTS AND A REVIEW OF RELATED SCIENTIFIC LITERATURE

The article examines modern trends in the development of smart (intelligent) electronic educational environments as complex information and control systems. A review of scientific literature on the digitalization of the educational process, the formation of intelligent tutoring systems, adaptive learning platforms, and methods for managing information flows in distributed educational environments is carried out. Special attention is paid to the analysis of queuing systems, system analysis methods, neural network technologies, and intelligent information processing methods used in modern educational systems. A comparative analysis of existing electronic learning platforms, including Moodle, Coursera, Khan Academy, and Google Classroom, is conducted. The necessity of developing a new methodology for system analysis and neural network management of queuing systems in smart electronic educational environments is substantiated. The results of the analysis show that the use of artificial intelligence technologies provides an opportunity to increase the efficiency of the educational process. In addition, the

role of machine learning and neural networks in adapting educational content and predicting learners' activity has been assessed. Based on the research, priority directions for the development of intelligent digital educational environments and ways to improve their management mechanisms have been identified. The results of the study can be used as a scientific basis for the further development of intelligent digital educational environments and the improvement of their management technologies.

Keywords: intelligent educational environment, information and control systems, system analysis, queuing system, neural network method, artificial intelligence, adaptive learning, information processing, Moodle, Coursera, Khan Academy, Google Classroom.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Комилиён Файзали Саъдулло – доктори илмҳои физикаю математика, профессори кафедраи информатика, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. e-Mail: komiliyon.fayzali@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1490-7848.

Тағоев Шамсулло Хурсанович – номзоди илмҳои педагогӣ, омӯзгори калони кафедраи информатика, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. e-Mail: shamsullo800@mail.ru. ORCID: 0009-0000-6069-0056.

Сведения об авторах:

Комилиён Файзали Саъдулло – доктор физико-математических наук, профессор кафедры информатики, Таджикский национальный университет. e-Mail: komiliyon.fayzali@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1490-7848.

Тағоев Шамсулло Хурсанович – кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры информатики, Таджикский национальный университет. e-Mail: shamsullo800@mail.ru. ORCID: 0009-0000-6069-0056.

Information about the authors:

Komiliyon Fayzali Sa'dullo – doctor of physics and mathematics sciences, professor of the informatics department, Tajik National University. e-Mail: komiliyon.fayzali@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1490-7848.

Tagoev Shamsullo Khursanovich – candidate of pedagogical sciences, senior lecturer of the informatics department, Tajik National University. e-Mail: shamsullo800@mail.ru. ORCID: 0009-0000-6069-0056.



УДК 37.014.5:004.85

ТАТБИҚИ УСУЛИ БАҲИСОБГИРИИ ГУРҶҲИИ АРГУМЕНТҲО БАРОИ БАҲОДИҲИИ ИНТЕГРАЛИИ СИФАТИ ТАЪЛИМ ДАР МАКТАБҲОИ ШАҲРИ ДУШАНБЕ

Муродзода З.О.

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

Дар мақола татбиқи усули баҳисобгирӣ гурӯҳи аргументҳо (МГУА, GMDH) барои таҳияи модели зеҳнии баҳодиҳии интегралӣ сифати таълим дар муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумии шаҳри Душанбе мавриди баррасӣ қарор гирифтааст. Системаҳои муосири мониторинги сифати таълим ба маҷмӯи зиёди нишондиҳандаҳои гуногуни миқдорӣ ва сифатӣ таъмакунанд, ки иқтисори кадрӣ, натиҷаҳои таълим, сатҳи таъминоти моддию техникаӣ ва шароити ташкилии

раванди таълимро тавсиф менамоянд. Истифодаи усулҳои анъанавии омӯрӣ имконияти ошкор намудани робитаҳои мураккаби ғайрихаттӣ байни нишондиҳандаҳоро маҳдуд мегардонад.

Дар тадқиқот равише пешниҳод шудааст, ки ба моделҳои полиномиалии худташкілбанди усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) асос ёфтааст. Ҳамчун заминаи таҷрибавии тадқиқот маълумоти 164 муассисаи таҳсилоти миёнаи умумии шаҳри Душанбе дар соли таҳсили 2024-2025 истифода шудааст, ки 16 нишондиҳандаи миқдорӣ ва сифатиро дар бар гирифта, натиҷаҳои таълим, хусусиятҳои кадрӣ ва сатҳи таъминоти захиравии муассисаҳои таълимиро инъикос менамоянд. Тадқиқот дар асоси афзорҳои математикии моделсозии худташкілбанд ба истифода аз меёри берунии интихоби моделҳо анҷом дода шудааст.

Моделҳои таҳияшуда имкон дод, ки омилҳои муҳимтарине, ки ба баҳодиҳии интегралӣ сифати таълим таъсир мерасонанд, муайян гардида, муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ аз рӯи сатҳи сифати таълим ранҷбандӣ карда шаванд ва дурнамои тағйирёбии сатҳи сифати таълим пешгӯӣ гардад. Муқоисаи натиҷаҳои усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) бо усулҳои регрессияи хаттӣ, Random Forest ва CatBoost нишон дод, ки МГУА ҳангоми моделсозии робитаҳои мураккаби ғайрихаттӣ равандро таълимӣ бартарии назаррас дорад.

Калидвожаҳо: сифати таълим, усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо - МГУА, таҳлили маълумоти таълимӣ, таҳлили зехнии додаҳо, нишондиҳандаи интегралӣ, муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ, меёри беруний, худташкілбандии моделҳо, додаҳои бисёрченака.

Мукаддима

Дар шароити рушди босуръати табдилоти рақамии соҳаи маориф ҳаҷми маълумоти таълимии ҷамъоваришаванда мунтазам афзоиш меёбад. Ин маълумот нишондиҳандаҳои фаъолияти муассисаҳои таҳсилотӣ, иқтисоди кадрӣ, сатҳи таъминоти моддию техникаӣ ва самаранокии идоракунии равандро таълимро дар бар мегирад. Таҳлили чунин маҷмӯи додаҳо имкониятҳои навро барои татбиқи усулҳои таҳлили зехнии додаҳо ва омӯзиши мошинӣ ҷиҳати баҳодиҳии объективӣ сифати таълим ва дастгирии қабули қарорҳои идоракунӣ фароҳам месозад.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон баланд бардоштани сифати таҳсилоти миёнаи умумӣ яке аз самтҳои муҳими сиёсати давлатии соҳаи маориф маҳсуб меёбад. Низомии таҳсилоти шаҳри Душанбе аз шумораи зиёди муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ иборат буда, онҳо аз рӯи иқтисоди кадрӣ, сатҳи таъминоти инфрасохторӣ ва натиҷаҳои фаъолияти таълимӣ бо ҳам фарқ мекунанд. Бо вучуди ин, усулҳои анъанавии баҳодиҳии сифати таълим асосан ба таҳлилу муқоисаи нишондиҳандаҳои ҷудогонаи омӯрӣ асос ёфтаанд, ки имкони ба таври ҳамаҷониба ба ҳисоб гирифтани робитаҳои мураккаби байни омилҳои таълимӣ, кадрӣ, захиравӣ ва ташкилии равандро таълимро маҳдуд месозанд.

Яке аз вазифаҳои муҳими таҳлили маълумоти таълимӣ таҳияи модели интегралӣ сифати таълим мебошад, ки шумораи зиёди нишондиҳандаҳои гуногуннавро дар шакли як нишондиҳандаи ягонаи миқдорӣ муттаҳид месозад. Чунин модел бояд дорои дақиқии баланди пешгӯӣ, устуворӣ нисбат ба ҳалалҳои маълумот ва қобилияти ба таври автоматӣ муайян намудани нишондиҳандаҳои аз ҳама иттилоотнок бошад.

Барои ҳалли ин масъала истифодаи усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА), ки аз ҷониби А.Г. Ивахненко соли 1968 пешниҳод шудааст [1], яке аз равишҳои умедбахш ба ҳисоб меравад. Бар хилофи моделҳои анъанавии регрессионӣ, МГУА принсипи худташкілбиро амалӣ намуда, сохтори моделро ба таври автоматӣ ташаккул медиҳад, комбинатсияҳои аз ҳама иттилоотноки нишондиҳандаҳоро интихоб мекунад ва ҳамаи пешгӯиро дар асоси меёри берунии интихоб ба ҳадди ақал мерасонад. Бо шарофати чунин хусусиятҳо, ин усул барои таҳлили додаҳои бисёрченака таълимӣ, ки байни нишондиҳандаҳои онҳо робитаҳои мураккаби ғайрихаттӣ вучуд доранд, хеле мувофиқ мебошад.

Ҳар як муассисаи таълимӣ ҳаҷми зиёди маълумотро ташаккул медиҳад, ки нишондиҳандаҳои пешрафти таълимии хонандагон, маълумоти кадрӣ, натиҷаҳои аттестатсияи давлатии хатм, маълумот оид ба заминаи моддию техникӣ, инфрасохтори рақамӣ, ҳозиршавии хонандагон ва дигар нишондиҳандаҳои фаъолияти таълимиро дар бар мегирад. Маҳз ҳамин омил боиси рушди фаъоли самти Educational Data Mining (EDM) – таҳлили маълумоти таълимӣ гардидааст, ки усулҳои омӯзиши мошинӣ, таҳлили зехнии додаҳо ва омили математикиро барои ҳалли масъалаҳои идоракунии соҳаи маориф муттаҳид менамояд [2].

Ҳадафи тадқиқоти мазкур таҳияи модели зехнии баҳодихии интегралӣ сифати таълим дар муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумии шаҳри Душанбе дар асоси усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) ва муайян намудани омилҳои муҳимтарине мебошад, ки ба самаранокии фаъолияти таълимӣ таъсири назаррас мерасонанд [3–6].

Барои ҳалли масъалаҳои идоракунии соҳаи маориф на танҳо дақиқии пешгӯӣ, балки имконияти шарҳу тафсири натиҷаҳои бадастомада низ аҳамияти муҳим дорад, зеро роҳбарони муассисаҳои таҳсилотӣ бояд хуб дарк намоянд, ки кадом нишондиҳандаҳо ба самаранокии фаъолияти муассисаи таълимӣ таъсири бештар мерасонанд. Маҳз аз ҳамин сабаб таваҷҷуҳ ба моделҳои худташкілбанди усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА), ки дақиқии баланди пешгӯиро бо имконияти таҳлилу тафсири натиҷаҳо муттаҳид менамоянд, рӯз аз рӯз бештар мегардад.

Бо вучуди истифодаи васеи усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) дар тадқиқоти техникӣ ва иқтисодӣ, татбиқи ин усул барои **баҳодихии** комплексии сифати таҳсилоти миёнаи умумӣ то ҳол маҳдуд боқӣ мондааст. Аксарияти **тадқиқоти** мавҷуда дар соҳаи таҳлили маълумоти таълимӣ ба истифодаи усулҳои градиентии бустинг (Gradient Boosting), ҷангали тасодуфӣ (Random Forest) ва шабакаҳои нейронӣ равона гардидаанд. Дар айни замон, имкониятҳои моделҳои худташкілбанди МГУА барои таҳлили фаъолияти муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ ҳанӯз ба таври кофӣ омӯхта нашудаанд [9].

Маводҳо ва усулҳои тадқиқот

Маълумоти дар ихтиёри мо қарордоштаре метавон дар шакли матритсаи зерин пешниҳод намуд:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

дар ин ҷо $n = 125$, $m = 125$.

Зарур аст функсияи номаълуми $Q = F(X)$, муайян карда шавад, ки хатои пешгӯиро ба ҳадди ақал расонад, ё $Q_i = f(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i16}) + \varepsilon_i$, дар ин ҷо Q_i – баҳодихии интегралӣ сифати таълим; $f(\cdot)$ – функсияи номаълуми ғайрихаттӣ; ε_i – хатои тасодуфӣ.

Ҳар як чузъ як нишондиҳандаи сифати таълимиро тавсиф менамояд.

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_{164}\}$ – маҷмӯи муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумии мавриди тадқиқ мебошад.

Барои ҳар як муассиса вектор $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i16})$, ки дар ин ҷо $i = 1, \dots, 164$ муайян шудааст.

Базаи додаҳои тадқиқот. Барои ташаккули базаи додаҳо маълумоти мониторинги солони муассисаҳои таҳсилоти шаҳри Душанбе истифода гардид. Тадқиқот дар асоси нишондиҳандаҳои

чамбастшудаи оморӣ барои соли таҳсили 2024–2025 анҷом дода шудааст. Дар тадқиқоти мазкур нишондиҳандаҳои зерин, ки дар ҷадвали 1 пешниҳод шудаанд, мавриди баррасӣ қарор гирифтаанд.

Ҷадвали 1.

Нишондиҳандаҳои баҳодихии сифати таълим

№	Ишора	Параметр
1	x_1	Бали миёнаи пешрафти таълимии хонандагон
2	x_2	Ҳиссаи омӯзгорони дорои таҳсилоти олӣ (%)
3	x_3	Ҳиссаи омӯзгорони дорои дараҷаи олии тахассусӣ (%)
4	x_4	Собиқаи миёнаи педагогии омӯзгорон (сол)
5	x_5	Ҳиссаи мутахассисони ҷавон (%)
6	x_6	Шумораи хонандагон ба як омӯзгор
7	x_7	Сатҳи таъмин будан бо техникаи компютерӣ (%)
8	x_8	Сатҳи таъмин будан бо дастрасӣ ба шабакаи Интернет (%)
9	x_9	Ҳиссаи хонандагони иштироккунандаи олимпиадаҳо (%)
10	x_{10}	Ҳиссаи ғолибони олимпиадаҳо (%)
11	x_{11}	Сатҳи ҳозиршавии хонандагон (%)
12	x_{12}	Шумораи дарсҳои беузр ғайриҳозир (%)
13	x_{13}	Ҳиссаи воҳидҳои холии кории омӯзгорӣ (%)
14	x_{14}	Ҳиссаи омӯзгороне, ки аз тақмили ихтисос гузаштаанд (%)
15	x_{15}	Сатҳи мучахҳаз будани синфхонаҳои таълимӣ (%)
16	x_{16}	Хароҷоти молиявӣ ба ҳар як хонанда

Азбаски нишондиҳандаҳои ибтидоӣ воҳидҳои гуногуни ченак доранд, пеш аз омӯзонидани модел нормализатсияи додаҳо бо истифода аз усули зерин анҷом дода мешавад: Min-Max.

Барои ҳар як нишондиҳанда $x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}}$, ғде $x_j^{\min}$ – қимати хурдтарини нишондиҳанда ҳисоб карда мешавад: $x_j^{\max}$ – қимати калонтарин. Пас аз анҷом додани нормализатсияи додаҳо ҳосил мекунем: $0 \leq x_{ij}^* \leq 1$.

Чунин табдилдиҳӣ саҳми баробари ҳамаи нишондиҳандаҳоро дар раванди сохтани модел таъмин намуда, аз бартарӣ пайдо кардани нишондиҳандаҳое, ки қиматҳои мутлақӣ калон доранд, пешгирӣ мекунад.

Маҷмӯи ибтидоии додаҳо ба ду қисми мустақил ҷудо карда мешавад:

$$D = D_A \cup D_B, \quad (2)$$

D_A - зермаҷмӯи омӯзишӣ, ки барои сохтани модели математикӣ истифода бурда мешавад. D_B - зермаҷмӯи санҷишӣ, ки барои таҳлили моделҳои хусусӣ истифода шуда, дар ташаккули сохтори бисёрқабатаи модел иштирок намекунад. Дар тадқиқоти мазкур тақсимои зерини маҷмӯи додаҳо истифода шудааст: барои маҷмӯи интихобӣ 115 муассиса қабул шудааст, ки ин 70% маҷмӯро ташкил мекунад. барои маҷмӯи санҷишӣ 49 муассиса қабул шудааст, ки ин 30% маҷмӯро ташкил мекунад.

Тақсимооти маҷмӯ ба сохтори классикии сохтани моделҳои МГУА мувофиқат мекунад, ки дар он параметрҳои модел дар асоси интихоби омӯзишӣ муайян гардида, сифати он тавассути интихоби мустақили санчишӣ баҳодиҳӣ карда мешавад. Истифодаи меъёри берунӣ имкон медиҳад, ки модели дорои дараҷаи оптималии мураккабӣ ба таври автоматӣ интихоб гардида, хавфи аз ҳад зиёд омӯзонидани модел коҳиш дода шавад [8].

Ташаккули модел дар асоси полиноми Колмогоров–Габор. Дар асоси усули баҳисобирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) модели полиномиалии Колмогоров–Габор қарор дорад:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^m a_{ii} x_i^2 + \dots \quad (3)$$

Полиноми пурра шумораи зиёди коэффитсиентҳоро дар бар мегирад. Аз ин рӯ, барои ҳар як ҷуфти нишондиҳандаҳои модели ихтисоршуда истифода мешавад:

$$y = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j + a_3 x_i x_j + a_4 x_i^2 + a_5 x_j^2 \quad (4)$$

ки дар ин ҷо $a_0, \dots, a_5$ – коэффитсиентҳои модел. Маҳз ҳамин полином унсури асосии нейронии шабакаи МГУА ба ҳисоб меравад. Ташаккули қабати якуми модел ба таври зерин амалӣ карда мешавад. Маълум аст, ки $m = 16$ нишондиҳандаи таълимӣ мавҷуд аст. Шумораи умумии ҳамаи ҷуфтҳои имконпазир бо ифодаи зерин муайян карда мешавад: $C_m^2 = \frac{m(m-1)}{2}$, бинобар ин $C_{16}^2 = 120$.

Ҳамин тариқ, дар қабати якуми модели МГУА 120 модели полиномиалӣ ташаккул дода мешаванд. Ҳар як модел таъсири мутақобилаи ду нишондиҳандаро тавсиф менамояд.

Масалан: $(x_1, x_2), (x_1, x_3), (x_2, x_5), \dots, (x_{15}, x_{16})$;

Муайян намудани коэффитсиентҳои модел

Барои ҳар як полиноми элементарӣ муайян намудани коэффитсиентҳои $a = a_0, a_1, \dots, a_5$ зарур мебошад. Барои ин усули квадратҳои хурдтарин истифода мешавад, ки дар он функционали зерин ба ҳадди ақал расонида мешавад: $J(a) = \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2$. Вектори киматҳои пешгӯишуда бо ифодаи зерин муайян карда мешавад: $\hat{y}_i = a_0 + a_1 x_i + a_2 x_j + a_3 x_i x_j + a_4 x_i^2 + a_5 x_j^2$. Дар шакли матритсавӣ ин ифода чунин навишта мешавад: $\hat{Y} = Xa$. Ҳалли оптималии масъала дар шакли матритсавӣ чунин муайян карда мешавад: $a = (X^T X)^{-1} X^T Y$. Коэффитсиентҳои бадастомада модели хусусии қабати мазкурро муайян менамоянд.

Фарқияти асосии усули баҳисобирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) аз регрессияи классикӣ дар истифодаи интихоби мустақили санчишӣ мебошад. Маҷмӯи ибтидоии додаҳо ба ду зермаҷмӯи мустақил ҷудо карда мешавад: $D = A \cup B$, ки дар он: A – маҷмӯи омӯзишӣ, ки барои сохтан (омӯзонидани) модели тадқиқшаванда истифода мешавад. B – маҷмӯи санчишӣ, ки барои баҳодиҳӣ ва таҳлили моделҳои хусусӣ истифода мегардад. Пас аз муайян намудани коэффитсиентҳои модел, дурустии он дар асоси додаҳои мустақили маҷмӯи санчишӣ баҳодиҳӣ карда мешавад. Хатои модел бо формулаи зерин ҳисоб карда мешавад: $E = \frac{1}{N} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$. Аз байни ҳамаи моделҳои сохташуда моделҳои интихоб карда мешаванд, ки барои онҳо арзиши хатогӣ ба ҳадди ақал мерасад: $E \rightarrow \min$. Меъёри мазкур ҳамчун меъёри мунтазамӣ маъруф буда, барои интихоби модели дорои қобилияти баланди умумигардонӣ истифода мешавад.

Принсипи худташкिल्диҳии моделҳо

Пас аз анҷом ёфтани ташаккули қабати якум танҳо моделҳои беҳтарин боқӣ мемонанд. Фарз мекунем, ки дар натиҷаи интихоби моделҳо функсияҳои $z_1, z_2, z_3, \dots, z_k$ ба даст омадаанд. Ин функсияҳо ҳамчун нишондиҳандаҳои воридотии қабати навбатӣ истифода мешаванд. Дар ин ҳолат

моделҳои нав шакли зеринро мегирад: $z = a_0 + a_1z_i + a_2z_j + a_3z_iz_j + a_4z_i^2 + a_5z_j^2$. Ҳамин тариқ, ин раванд ба таври такрорӣ дар ҳар як қабати минбаъда иҷро карда мешавад. Ҳар як қабати нав мураккабии модели сохтани раёндаро ба таври автоматӣ зиёд намуда, имкон медиҳад, ки вобастагҳои ғайрихаттии байни нишондиҳандаҳо бо дақиқии бештар инъикос карда шаванд.

Меъёри анҷомёбии раванди омӯзонидани модел

Барои муайян намудани лаҳзаи анҷомёбии раванди сохтани моделҳои нав ҳамаи ҳар як қабат ҳисоб карда мешавад. Фарз мекунем, ки $E_1, E_2, \dots, E_k$ - ҳамаи қабатҳои пайдарпай мебошанд. Агар $E_{k+1} < E_k$ пас раванди сохтани қабати навбатӣ идома дода мешавад. Агар $E_{k+1} > E_k$ бошад, он гоҳ мураккаб намудани минбаъдаи модел боиси аз ҳад зиёд омӯзонидани модел мегардад. Бинобар ин, модели оптималӣ аз рӯи шартҳои зерин интихоб карда мешавад: $E = \min(E_k)$. Маҳз ҳамин модел ҳамчун модели оптималӣ қабул карда мешавад.

Ташаққули баҳодихии интегралӣ сифати таълим

Пас аз ҷанд марҳилаи худташқилёбӣ функсияи ниҳонии баҳодихии интегралӣ ба шакли зерин ҳосил мегардад:

$$Q = F(x_1, x_2, \dots, x_{16}). \quad (5)$$

Барои тадқиқоти муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумии шаҳри Душанбе модели ниҳониро метавон ба шакли зерин ифода намуд:

$$Q = 0.142 + 0.294z_1 + 0.217z_2 + 0.188z_3 - 0.071z_2^2 + 0.094z_1z_2 \quad (6)$$

ки дар ин ҷо $z_1 = f(x_1, x_2)$, $z_2 = f(x_7, x_{14})$, $z_3 = f(x_9, x_{10})$. Тафсири модели таҳияшуда нишон медиҳад, ки таъсири бештар ба баҳодихии интегралӣ сифати таълимро омилҳои зерин мерасонанд: пешрафти таълимии хонандагон, сатҳи таҳассус ва малакаи омӯзгорон, иштироки хонандагон дар олимпиадаҳои ғанӣ, сатҳи таъмин будан ба инфрасохтори рақамӣ, тақмили ихтисоси омӯзгорон. Ҳисоб намудани индекси интегралӣ сифати таълим. Барои ҳар як муассисаи таҳсилотӣ индекси интегралӣ сифати таълим бо истифода аз модели ниҳонии МГУА ҳисоб карда мешавад: $IQE_i = F(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i16})$. Қимати ҳисобшудаи IQE барои ҳалли масъалаҳои зерин истифода бурда мешавад: ранҷбандии муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ, ташаққули рейтингҳои муассисаҳои таълимӣ, пешгӯии сатҳи сифати таълим, дастгирии қабули қарорҳои идоракуни дар соҳаи маориф.

Натиҷаҳои таҷрибавӣ

Дар тадқиқоти мазкур маҷмӯи маълумоти таълимии хонандагонии синфҳои 11-уми муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумии шаҳри Душанбе истифода шудааст. Ҳаҷми маҷмӯ ҷунин мебошад: $N=1525$ (ҷадвали 2).

Ҷадвали 2.

Тақсими хонандагон аз рӯи ноҳияҳо

Ноҳия	Шумораи хонандагон	Ҳисса, %
Сино	428	28,1
Исмоили Сомони	426	27,9
Фирдавси	353	23,1
Шоҳмансур	318	20,9
Навъи муассиса		
Мактаби оддӣ	1046	68,6
Литсей/гимназия	479	31,4

Чадвали 3.

Қиматҳои миёнаи индекси сифати таълим аз рӯи ноҳияҳои шаҳри Душанбе

Ноҳия	Индекси сифат	Ҳиссаи бомуваффақ супоридани имтиҳон	Балли миёна	Ҳозиршавӣ, %
Исмоили Сомони	0,4462	0,6995	4,159	79,50
Сино	0,4413	0,6098	4,112	79,08
Фирдавси	0,4068	0,6402	4,052	78,05
Шоҳмансур	0,3854	0,5157	3,954	77,73
Навъи муассиса				
Литсей/гимназия	0,5312	0,8601	4,421	81,44
Мактаби оддӣ	0,3735	0,5134	3,921	77,41

Натиҷаҳои тадқиқот нишон медиҳанд, ки баландтарин қимати миёнаи индекси интегралӣ сифати таълим дар ноҳияи Исмоили Сомонӣ ба қайд гирифта шудааст: $IQE=0,4462$. Пасттарин қимати миёнаи ин нишондиҳанда дар ноҳияи Шоҳмансур мушоҳида гардид: $IQE=0,3854$.

Натиҷаҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки байни муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ ва литсейҳо (гимназияҳо) фарқияти назаррас вучуд дорад. Қимати миёнаи индекси интегралӣ сифати таълим дар литсейҳо ва гимназияҳо баландтар буда, фарқи он чунин мебошад: $0,5312-0,3735=0,1577$. Ин нишон медиҳад, ки дар литсейҳо ва гимназияҳо муҳити таълимӣ, сатҳи таъмин будан бо захираҳо ва натиҷаҳои таълимии хонандагон нисбат ба муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ баландтар мебошанд.

Ташкили модели МГУА барои муайян намудани баҳодихии интегралӣ сифати таълим

Дар қабати якуми модели МГУА моделҳои полиномиалии ҷуфтӣ бо шакли зерин ташаккул дода шуданд:

$$z = a_0 + a_1x_i + a_2x_j + a_3x_ix_j + a_4x_i^2 + a_5x_j^2. \quad (7)$$

Пас аз рамзгузори тағйирёбандаҳои категориявӣ шумораи нишондиҳандаҳои воридотӣ ба $m=13$. баробар гардид. Бинобар ин, шумораи моделҳои полиномиалии ҷуфтии қабати якум чунин муайян карда мешавад: $C_{13}^2 = 78$ Натиҷаҳои худташкілҳои модели МГУА дар ҷадвалҳои 4 ва 5 пешниҳод шудаанд.

Чадвали 4.

Натиҷаҳои ташаккули модели МГУА аз рӯи қабатҳо

Қабати МГУА	Миқдори параметрҳои дохилшаванда	Миқдори моделҳо	RMSE
1	13	78	0,07695
2	20	190	0,06854
3	20	190	0,06821
4	20	190	0,06786

Қимати ҳадди ақали ҳамаи модел дар қабати чаҳорум ба даст оварда шуд: **$RMSE_{min}=0,06786$** . Ин натиҷа нишон медиҳад, ки барои маҷмӯи додаҳои мавриди тадқиқ сохтори сифати таълим хусусияти ғайрихаттӣ дорад. Аз ин рӯ, модели хаттии оддӣ наметавонад ҳамаи робитаҳои мутақобилаи байни омилҳои таъсиррасонро пурра инъикос намояд.

Муқоисаи нишондиҳандаҳои сифатии моделҳои омӯзиши машинӣ ва зехни сунъӣ

Модел	(R^2)	RMSE	MAE	MAPE, %
Регрессияи хаттӣ	0,6892	0,06971	0,05568	16,22
Регрессияи логистикӣ	0,6894	0,06969	0,05566	16,28
МГУА	0,6772	0,07104	0,05698	16,44
Gradient Boosting	0,6584	0,07308	0,05891	17,71
Random Forest	0,6429	0,07472	0,06034	18,19

Аз рӯи натиҷаҳои таҷриба барои маҷмӯи додаҳои мавриди тадқиқ, баландтарин қимати коэффисиенти детерминатсия R^2 ба модели регрессияи логистикӣ рост омад ва қимати: $R^2 = 0.6894$ ташкил дод. Модели МГУА низ натиҷаи наздик нишон дода, қимати $R^2 = 0,6772$ -ро ба даст овард. Ин маънои онро дорад, ки модели МГУА тақрибан 67,7 %-и тағйирёбии индекси интегралӣ сифати таълимиро шарҳ медиҳад.

Таҳлили натиҷаҳои бадастомада

Натиҷаҳои бадастомада имкон медиҳанд, ки хулосаҳои зерин бароварда шаванд: индекси интегралӣ сифати таълим бештар аз ҳама бо бали миёнаи пешрафти таълимии хонандагон алоқаманд мебошад, омилҳои психологӣ ва ташкилӣ, аз ҷумла эътимод ба худ, сатҳи стресс, ҳолатҳои ғайриҳозирӣ аз машғулиятҳои таълимӣ, сатҳи таъмин будан ба захираҳо ва устувории ҳайати омӯзгорон, дар ташаккули сифати таълим нақши муҳим доранд, литсейҳо ва гимназияҳо нисбат ба муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ индекси интегралӣ сифати таълими баландтарро нишон медиҳанд, байни ноҳияҳои шаҳри Душанбе аз рӯи сатҳи миёнаи сифати таълим фарқиятҳои назаррас мавҷуд буда, ин натиҷаҳо метавонанд барои қабули қарорҳои идоракунӣ дар соҳаи маориф истифода шаванд.

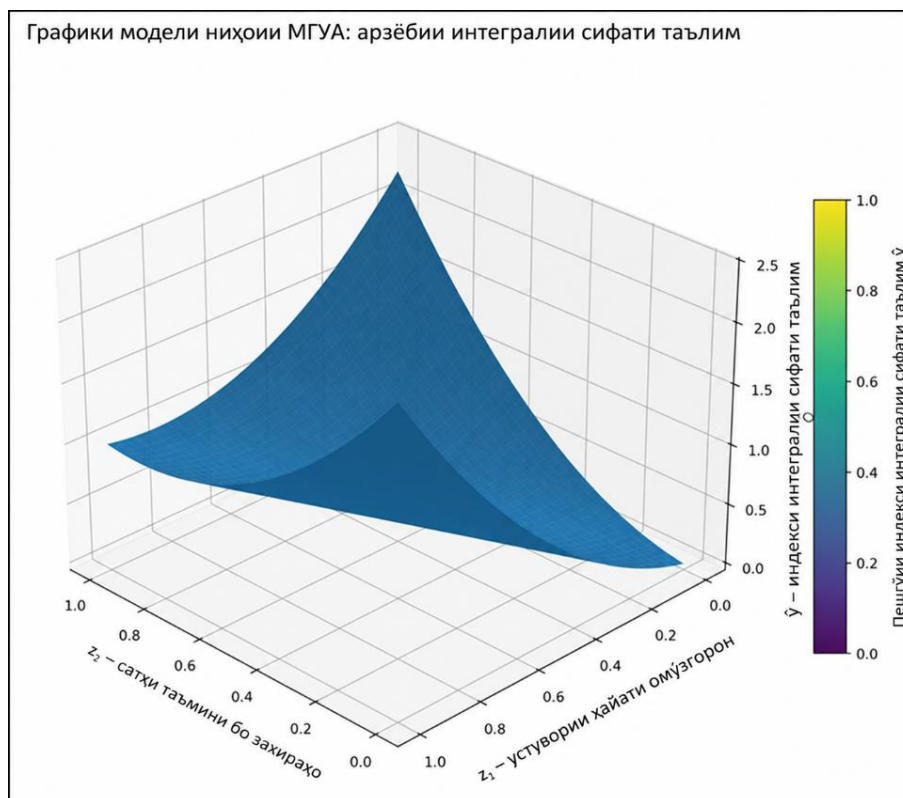
Ҳамин тариқ, усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) метавонад ҳамчун воситаи дастгирии қабули қарорҳо барои ҳалли вазифаҳои зерин истифода шавад: мониторинги сифати таълим, муайян намудани гурӯҳҳои хонандагони дорои мушкилоти таълимӣ, муқоисаи сатҳи сифати таълим байни ноҳияҳои шаҳри Душанбе, баҳодиҳии самаранокии фаъолияти литсейҳо, гимназияҳо ва муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ, пешгӯии натиҷаҳои таълимӣ.

Муҳокимаи натиҷаҳо

Натиҷаҳои бадастомада шаҳодат медиҳанд, ки усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) воситаи ояндадори таҳлили зехнии додаҳои таълимӣ ба ҳисоб меравад. Бар ҳилофи усулҳои анъанавии таҳлили оморӣ, МГУА вобастагҳои ғайрихаттӣ байни нишондиҳандаҳои таълимиро ба таври автоматӣ ошкор намуда, модели дорои дараҷаи оптималии мураккабро ташаккул медиҳад.

Таҳлили маҷмӯи додаҳо, ки 1525 сабти маълумоти хонандагони муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумии шаҳри Душанберо дар бар мегирад, нишон дод, ки байни ноҳияҳои шаҳр аз рӯи хусусиятҳои таълимӣ тафовути назаррас вучуд дорад. Баландтарин қимати миёнаи индекси интегралӣ сифати таълим дар ноҳияи Исмоили Сомонӣ ба қайд гирифта шуда ба $IQE=0.4462$ -ро ташкил медиҳад. Пас аз он ноҳияҳои Сино 0,44130, Фирдавсӣ 0,40680 ва Шохмансур 0,38540 ҷойгир шудаанд. Қиматҳои мазкур бевосита дар асоси маҷмӯи додаҳои тадқиқшаванда ҳисоб карда шудаанд.

Дар расми 1 натиҷаҳои модели ниҳони МГУА барои баҳодиҳии интегралӣ сифати таълим пешниҳод шудаанд.



Расми 1. Графики натиҷаҳои модели ниҳони МГУА

Натиҷаҳои бадастомада инчунин тасдиқ менамоянд, ки сифати таълим на аз як омил, балки аз маҷмӯи омилҳои ба ҳам алоқаманди академӣ, кадрӣ, психологӣ ва инфрасохторӣ вобаста мебошад. Аз ҳама нишондиҳандаҳои иттилоотнок инҳо мебошанд: бали миёнаи пешрафти таълимии хонандагон, натиҷаҳои имтиҳонҳо, устувории ҳаёти омӯзгорон, сатҳи таъминот будан бо захираҳои таълимӣ, муҳити таълимӣ, сатҳи иштироки хонандагон дар машғулиятҳо (давомоти таълим), сатҳи стресси хонандагон.

Хусусияти муҳими усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) дар он аст, ки он таъсири мутақобилаи байни нишондиҳандаҳоро ба таври автоматӣ муайян менамояд. Масалан, таъсири сатҳи таъминот будан бо захираҳои таълимӣ ба сифати таълим метавонад ҳангоми устувории баланди ҳаёти омӯзгорон ба таври назаррас зиёд гардад, дар ҳоле ки дар шароити ивазшавии зуд-зуд омӯзгорон самаранокии таъминоти захиравӣ метавонад камтар зоҳир шавад. Муайян намудани чунин вобастагиҳои ғайрихаттӣ бо истифода аз усулҳои классикии регрессияи хаттӣ мушкул мебошад. Усули МГУА имкон медиҳад, ки моделҳои худташкілбанди вобастагиҳои ғайрихаттӣ сохта шуда, дар натиҷа баҳодиҳии дақиқтар ва бозътимодтари нишондиҳандаҳои тадқиқшаванда ба даст оварда шавад (расми 2).

Арзиши амалии модели таҳияшуда дар он ифода меёбад, ки натиҷаҳои онро метавон барои дастгирии қабули қарорҳои идоракунӣ дар соҳаи маориф истифода бурд. Дар асоси индекси интегралӣи сифати таълим мақомоти идоракунӣ соҳаи маориф метавонанд: мониторинги мунтазами сифати таълимро анҷом диҳанд, муассисаҳои таҳсилотино, ки ба дастгирии аввалиндараҷа ниёз доранд, муайян намоянд, самаранокии барномаҳои амалишавандаи таълимро баҳодиҳӣ намоянд, тағйирёбии сатҳи сифати таълимро пешгӯӣ кунанд, оид ба тақсими самаранокии захираҳои молиявӣ ва кадрӣ қарорҳои асоснок қабул намоянд.

Ғайр аз ин, истифодаи усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) имкон медиҳад, ки таъсири баҳодиҳии субъективӣи экспертҳо ҳангоми ташкили нишондиҳандаҳои интегралӣи сифати таълим коҳиш дода шавад, зеро сохтори модели математикӣ ба таври автоматӣ дар асоси маълумоти омӯрӣ муайян карда мешавад.



Расми 2. Графики натиҷаҳои баҳодихии интегралӣ сифати таълим аз рӯи нишондиҳандаҳои асосии истифодашаванда

Хулоса

Дар кори мазкур имконияти истифодаи усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) барои баҳодихии зеҳнии сифати таълим дар асоси додаҳои таълимии муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумии шаҳри Душанбе тадқиқ гардид. Равиши нав пешниҳод шудааст, ки ба истифодаи моделҳои полиномиалии худташкілбанда асос ёфта, имкон медиҳад вобастагии математикӣ байни нишондиҳандаҳои таълимӣ ва индекси интегралӣ сифати таълим ба таври автоматӣ таҳаккул дода шавад.

Таҳлили гузаронидашуда нишон медиҳад, ки истифодаи усули баҳисобгирии гурӯҳии аргументҳо (МГУА) имкон медиҳад, ки вобастагии мураккаби ғайрихаттӣ байни нишондиҳандаҳои фаъолияти таълимӣ ба назар гирифта шуда, моделҳои математикӣ, ки барои шарҳи натиҷаҳо ва истифодаи амалӣ мувофиқ мебошанд, таҳаккул дода шаванд.

Равиши пешниҳодшуда метавонад аз ҷониби Вазорати маориф ва илми Ҷумҳурии Тоҷикистон, Сарраёсати маорифи шаҳри Душанбе ва маъмурияти муассисаҳои таҳсилоти миёнаи умумӣ барои ҳалли масъалаҳои мониторинги сифати таълим, баҳодихии самаранокии фаъолияти муассисаҳои таълимӣ ва пешгӯии натиҷаҳои таълимӣ истифода гардад.

Адабиёт:

1. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. – Киев: Наукова думка, 1982. – 296 с.
2. Ковалёв С.М., Михайлов В.А. Применение методов машинного обучения в образовательной аналитике // Программные продукты и системы. -2022. -№ 4. - С.118-126.
3. Муродзода, З.О. Дар бораи усули баҳодихии сифати таълим дар системаи Вазорати маориф ва илми Ҷумҳурии Тоҷикистон / З.О. Муродзода, Ш.Ё. Холов, Н.И. Юнусов // Паёми политехникӣ. Бахши: Интеллект, Инноватсия, Инвеститсия. – 2026. -№1(73). -С.56-66. – DOI 10.65599/П4862.
4. Муродзода, З.О. Коркард ва таҳлили додаҳои калон дар системаи баҳодихии сифати таълим бо истифодаи усулҳои зеҳни сунъӣ / З.О. Муродзода, Н.И. Юнусов, Ш.Ё. Холов // Паёми политехники. Бахши: Интеллект, Инноватсия, инвеститсия. – 2025. -№3(71). –С.53-57.

5. Каримзода, Ш.К. Барномаи электронии “edonish” ҳамчун унсури муҳимми рақамикунонии соҳаи таҳсилот / Ш.К. Каримзода, З. Муродов // Паёми Академияи таҳсилоти Тоҷикистон. – 2022. -№4(45). –С.200-207.
6. Начмиддиниён, А.М. Самаранокии истифодаи технологияҳои иттилоотӣ дар раванди таҳсилот / А.М. Начмиддиниён, З.О. Муродов // Паёми Пажӯҳишгоҳи рушди маориф. – 2022. - №4(40). –С.228-233.
7. Холов, Ш.Ё. Цифровое образование: проблемы безопасности и лучшие практики / Ш.Ё. Холов // Инженерное образование в цифровом обществе: Материалы Международной научно-методической конференции в двух частях Минск, 15 марта 2024 года. -Минск: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024. -С.308-311.
8. Джабарова Р.Б. Разработка модели интеллектуальной поддержки обучающихся на основе адаптивных алгоритмов искусственного интеллекта / Р.Б. Джабарова // Наука и инновация ТНУ. Серия геологических и технических наук. - 2026. -№1. -С.128-138.
9. Боровская Е.В., Давыдов А.А. Интеллектуальный анализ образовательных данных: современные методы и технологии // Информационные технологии. - 2021. - №10. -С.120-125.
10. Назарзода Р.С. Платформаи ватании LMS.AVESTO.TJ ҳамчун муҳити зехнии рақамии идораи омӯзиш ва рушди кадрҳо / И.Ҷ. Саидов, Р.С. Назарзода // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. – 2026. – № 3 (66). – С. 112-126. – EDN: DQTVKS.
11. Назарзода Р.С. Рақамикунонии раванди таълим: абзорҳои рақамии маъмул барои омӯзиш ва санҷишу арзёбӣ / Р. С. Назарзода // Фурӯғи илм: маҷаллаи байналмилалӣ илмӣ. – 2025. – № 4(08). – С. 18-26. – EDN: LIPLCI.
12. Назарзода Р.С. Низомҳои санҷиши худкори барномаҳо ҳамчун технологияи инноватсионӣ дар таълими силсилафанҳои барномасозӣ / Р. С. Назарзода // Паёми Донишгоҳи технологии Тоҷикистон. – 2024. – № 3 (58). – С. 147 – 159. – EDN: ANWYDQ.

Муқарриз: н.и.ф.-м., и.в. дотсент Зарипов С.А.

Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРУППОВОГО УЧЁТА АРГУМЕНТОВ ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ ШКОЛ ГОРОДА ДУШАНБЕ

В статье рассматривается применение метода группового учёта аргументов (МГУА, GMDH) для построения интеллектуальной модели интегральной оценки качества образования общеобразовательных школ города Душанбе. Современные системы мониторинга качества образования опираются на большое количество разнородных количественных и качественных показателей, характеризующих кадровый потенциал, результаты обучения, материально-техническое обеспечение и организационные условия образовательного процесса. Использование традиционных статистических методов затрудняет выявление сложных нелинейных взаимосвязей между показателями.

В работе предложен подход, основанный на самоорганизующихся полиномиальных моделях МГУА. В качестве эмпирической базы использованы данные 164 общеобразовательных школ города Душанбе за 2024–2025 учебный год, включающие 16 количественных и качественных показателей, отражающих образовательные результаты, кадровые характеристики и ресурсное обеспечение образовательных организаций. Исследование выполнено на основе математического аппарата самоорганизующегося моделирования с применением внешнего критерия селекции моделей.

Полученная модель позволила определить наиболее значимые факторы, влияющие на интегральную оценку качества образования, выполнить ранжирование школ и построить прогноз изменения уровня качества образования. Сравнение результатов МГУА с методами линейной регрессии, Random Forest и CatBoost показало преимущество метода МГУА при моделировании сложных нелинейных зависимостей образовательных процессов.

Ключевые слова: качество образования, МГУА (GMDH), образовательная аналитика, интеллектуальный анализ данных, интегральный показатель, общеобразовательные школы, внешний критерий, самоорганизация моделей, многомерные данные.

APPLICATION OF THE METHOD OF GROUP ACCOUNTING OF ARGUMENTS FOR AN INTEGRATED ASSESSMENT OF THE QUALITY OF EDUCATION IN SCHOOLS OF THE CITY OF DUSHANBE

This article examines the use of the Group-Based Distributed Habits (GMDH) method to construct an intelligent model for the integrated assessment of the quality of education in Dushanbe's comprehensive schools. Current education quality monitoring systems rely on a large number of diverse quantitative and qualitative indicators characterizing staffing potential, learning outcomes, material and technical support, and the organizational conditions of the educational process. The use of traditional statistical methods makes it difficult to identify complex nonlinear relationships between indicators.

This paper proposes an approach based on self-organizing polynomial GMDH models. The empirical base is data from 164 comprehensive schools in Dushanbe for the 2024–2025 academic year, including 16 quantitative and qualitative indicators reflecting educational outcomes, staffing characteristics, and resource provision of educational organizations. The study is based on the mathematical apparatus of self-organizing modeling using an external model selection criterion. The resulting model allowed us to identify the most significant factors influencing the integrated assessment of education quality, rank schools, and forecast changes in education quality. A comparison of the GMDH results with linear regression, Random Forest, and CatBoost methods demonstrated the advantage of the GMDH method in modeling complex nonlinear relationships in educational processes.

Key words: quality of education, GMDH, educational analytics, data mining, integral indicator, comprehensive schools, external criterion, self-organization of models, multidimensional data.

Маълумот дар бораи муаллиф:

Муродзода Зафар Олимҷон – унвонҷӯ, Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ. e-Mail: ict97d@gmail.com. ORCID: 0009-0001-9215-9240.

Сведения об авторе:

Муродзода Зафар Олимджон – соискатель, Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими. e-Mail: ict97d@gmail.com. ORCID: 0009-0001-9215-9240.

Information about the author:

Murodzoda Zafar Olimjon – researcher, academician M.S. Osimi Tajik Technical University. e-Mail: ict97d@gmail.com. ORCID: 0009-0001-9215-9240.



ТДУ 004.946(045)/(575.3)

ТАТБИҚИ МОДЕЛҲОИ СЕМАНТИКӢ-СОХТОРӢ ДАР КОРКАРДИ АВТОМАТИКУНОНИДАӢ ЧУМЛАҲОИ СОДДАӢ ТОЧИКӢ

Сафарзода О.С., Шамсов С.М.

Донишгоҳи байналмилалӣ сайёҳӣ ва соҳибкорӣ Тоҷикистон

Дар мақола масъалаи амсиласозии компютери қолабҳои маъмули ҷумлаи соддаи тоҷикӣ ва таҳияи алгоритми ислоҳи онҳо мавриди баррасӣ қарор гирифтааст. Ҳадафи асосии таҳқиқот таҳия ва татбиқи моделҳои мувофиқ барои намоёндагӣ, таҳлил ва коркарди сохтори ҷумлаҳои соддаи забони тоҷикӣ мебошад, ки дар онҳо хатогиҳои грамматикӣ, синтаксисӣ ва ё вайроншавии тартиби калимаҳо ба назар мерасад. Бо мақсади муайян ва ислоҳ намудани чунин хатогиҳо қолабҳои маъмули ҷумлаҳои содда омӯхта шуда, дар заминаи онҳо моделҳои компютерӣ сохта шудаанд.

Дар асоси моделҳои пешниҳодшуда алгоритми махсуси ислоҳ таҳия гардидааст, ки имконият медиҳад тартиби дурусти вохидҳои луғавӣ ва сохтори грамматикӣ ҷумлаҳо ба таври автоматӣ барқарор карда шавад. Натиҷаҳои бадастомада нишон медиҳанд, ки истифодаи қолабҳои сохторӣ метавонад самаранокии равандҳои таҳлил ва ислоҳи матнҳои тоҷикиро ба таври назаррас баланд бардорад.

Таҳқиқоти мазкур барои рушди технологияҳои коркарди забони табиӣ, низомҳои санҷиши грамматикӣ, тарҷумаи мошинӣ ва дигар самтҳои омӯзиши мошинӣ дар забони тоҷикӣ аҳамияти назарраси илмӣ ва амалӣ дорад.

Калидвожаҳо: амсиласозӣ, қолабҳои маъмули ҷумла, ҷумлаи содда, семантика, алгоритм, забони тоҷикӣ, коркарди забони табиӣ, синоним, антоним.

Хусусиятҳои семантикию услубии синонимҳо дар забоншиносии тоҷик

Ганҷинаи луғавии забони тоҷикӣ аз ҷиҳати таркиби семантикӣ ва имкониятҳои услубии худ яке аз бойтарин забонҳои дунё ба шумор меравад. Дар сохтори лексикӣ ин забон падидаи синонимия (ҳаммаъной) мавқеи марказиро ишғол мекунад.

Муайян ва таҳлил намудани табиати синонимҳо на танҳо барои дарки сохтори дохилии забон, балки барои омӯзиши таҳаввули тафаккури аҳли ҷомеа аҳамияти бузурги назариявӣ ва амалӣ дорад. Синонимия ҳамчун категорияи муҳими лексикӣ грамматикӣ имкон медиҳад, ки нозуктарин тобишҳои маъноӣ, эҳсосӣ ва услубии нутқ ифода карда шаванд. Дар мақолаи мазкур таснифоти сохторию семантикии синонимҳо дар забони тоҷикӣ ва қонуниятҳои ташаккули онҳо мавриди баррасии илмӣ қарор мегирад.

Асоси назариявии падидаи синонимия

Дар забоншиносии муосири тоҷик, аз ҷумла дар тадқиқоти олимони намоён ба монанди Ҳ. Маҷидов ва Б. Камолиддинов, синонимҳо ҳамчун калимаҳои мансуб ба як ҳиссаи нутқ, ки дорои маъноӣ якхела ё наздик буда, аз ҷиҳати садову навишт фарқ мекунанд, таъриф дода шудаанд. Аммо табиати синонимҳо танҳо бо айнияти маъноӣ маҳдуд намешавад. Асоси ин падидаро раванди диференсиатсия ё тафриқаи маъно ташкил медиҳад.

Ин ба он маъност, ки дар забон синоними мутлақ (ду калимае, ки дар тамоми контекстҳо якдигарро комилан иваз кунанд) хеле кам воমেҳӯрад. Ҳатто калимаҳои ба мисли «*отаиш*» ва «*алов*», ки дар назари аввал як хел менамоянд, дар сохтори услубии матн ва омезиш бо калимаҳои дигар (коSubпозитсия) фарқ мекунанд.

Таснифоти семантикию услубии синонимҳо

Аз рӯи табиати вазифавӣ ва сохтори семантикии худ, синонимҳо дар забони тоҷикӣ ба се гурӯҳи асосӣ тақсим мешаванд:

1. **Синонимҳои идеографӣ (маъноӣ):** Ин гурӯҳи калимаҳо ба як мафҳум ишора мекунанд, вале дараҷаи зуҳур ё сифати аломатро ба таври гуногун нишон медиҳанд. Барои мисол, силсилаи синонимии «тарсидан – ҳаросидан – рамидан – воҳима кардан»-ро дида мебароем. Калимаи «тарсидан» маънои умумии нейтралро ифода кунад, «ҳаросидан» тобиши китобитар дорад, «рамидан» бештар ба ҳаракати ногаҳонӣ ё рафтори ҳайвонот хос аст, ва «воҳима кардан» дараҷаи баланди тарси руҳиро бо тобиши гуфтугӯӣ нишон медиҳад.

2. **Синонимҳои услубӣ (стилистикӣ):** Ин калимаҳо аз ҷиҳати маънои аслии худ комилан якхелаанд, вале ба соҳаҳои гуногуни муошират ва услубҳои нутқ (расмӣ, илмӣ, бадеӣ, гуфтугӯӣ) тааллуқ доранд. Масалан, калимаҳои «рӯй» (нейтралӣ), «чеҳра» (бадеӣ-поэтикӣ), «афту башара» (гуфтугӯӣ-просторечие) як узви баданро ифода кунанд ҳам, дар матн вазифаҳои комилан гуногуни эҳсосиро иҷро менамоянд. Истифодаи нодурусти онҳо сохтори услубии ҷумларо халалдор месозад.

3. **Синонимҳои мутлақ (дублетҳои лексикӣ):** Ин калимаҳое мебошанд, ки дар байни онҳо ҳеҷ гуна фарқияти маъноӣ ва услубӣ мавҷуд нест. Дар забони тоҷикӣ ин падида бештар дар натиҷаи ҳамзистии калимаҳои аслии тоҷикӣ ва иқтибосоти арабӣ ба вучуд омадааст: «авлод – насл», «имтиҳон – озмоиш», «сарҳад – марз». Забон одатан кӯшиш мекунад, ки аз чунин дублетҳо халос шавад ва бо гузашти вақт ба яке аз онҳо тобиши махсуси маъноӣ медиҳад.

Тартиб додани модели синоним дар ҷумлаҳои соддаи тоҷикӣ

Синоним ҳамчун амсилаи (модели) «бисёршаклӣ дар воҳиди маъно» шинохта мешавад. Дар ин амсила (модел) як мафҳуми марказӣ (доминанта) метавонад тавассути даҳҳо вожаи дигар ифода ёбад, ки ҳар яқтои он тобиши махсуси услубӣ ё эҳсосиро илова хоҳад кард, [1-10].

• **Модели функционалӣ:** Синонимҳо барои бартараф кардани тақрори лафзӣ ва дақиқ баён кардани фикр хизмат мекунанд. Мисол, модели маъноии «хуб» дар забони тоҷикӣ тавассути вожаҳои *нағз*, *беҳтар*, *меҳрубон*, *олӣ*, *дилкаш* ва ғайра моделсозӣ мешавад, ки ҳар яке дараҷаи гуногуни сифатро нишон хоҳад дод, [2].

Бигзор додашудааст:

• **Матн:**

$$T = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (1)$$

• **Луғат:**

$$D(w) = \text{set of synonyms of } w \quad (2)$$

• **Модели ниҳой:**

$$R(T) = \{ (w_i, w_j) \mid w_j \in D(w_i), i \neq j \} \quad (3)$$

• **Қоидаи ниҳони қарор:**

$$\text{Syn}(w_i, w_j) = 1 \mid [w_j \in D(w_i) \vee w_i \in D(w_j)] \quad (4)$$

Шарҳ:

w_i, w_j = калимаҳо дар матн

$D(w)$ = синонимҳои калима аз база

$R(T)$ = ҳамаи ҷуфтҳои синоним дар матн

$\in \rightarrow$ “дар дохил аст”

$D \rightarrow$ луғат (dictionary)

$T \rightarrow$ матн

$R \rightarrow$ натиҷа

$V \rightarrow$ “ё”

$= \rightarrow$ баробар

$1 \rightarrow$ ҳақ (true)

Тартиб додани модели антоним дар ҷумлаҳои соддаи тоҷикӣ:

Антоним амсилаи «Тазод ва муқоиса» аст. Ҳамин амсила дар асоси зиддияти мафҳумҳо сохта шуда, ҷаҳонро ба ду қутби муқолиф тақсим менамоянд. Дар амсиласозии компютери забон (NLP), антонимҳо ҳамчун ҷуфтҳои бинарӣ баррасӣ мешаванд, ки дар як маркази асосӣ якҷоя ҷойгиранд, вале самтҳои муқолиф доранд [3].

Намудҳои амсила:

- Антонимҳои тадриҷӣ: сард - ширгарм - гарм (мавҷудияти зинаҳои миёна).
- Антонимҳои қатъӣ: ҳаёт - марг, рост - дурӯғ (зинаи миёна надоранд).

Аҳамияти илмӣ: амсилаи антонимӣ барои сохтани мантиқи суҳан ва нишон додани зиддиятҳои ҷамъиятиву табиӣ воситаи калидӣ мебошад.

Бигузур додашудааст:

• Матн:

$$T = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (1)$$

• Луғат:

$$A(w) = \text{антонимҳои } w$$

• Модели асосӣ:

$$\text{Ant}(w_i, w_j) = 1 \quad [w_j \in A(w_i) \vee w_i \in A(w_j)] \quad (2)$$

• Модели кор бо матн:

$$R(T) = \{ (w_i, w_j) \mid \text{Ant}(w_i, w_j) = 1 \} \quad (3)$$

$\text{Ant} = \text{Antonym}$ (антоним)

w_i – калима бо индекси (рақамаш)

w_j - калима бо индекси (рақамаш)

$A = \text{Antonym dictionary}$ (луғати антонимҳо)

$\in$ - “дар дохили чизе ҳаст”

$\vee$ - ё

$[]$ - мо месанҷем, ки дар дохил рост аст ё не

$1 =$ ҳа (true)

$0 =$ не (false)

Натиҷаи комбинатсия:

Чӣ хеле ки дида мешавад, барои таҳлили синоним дар дохили ҷумлаҳои соддаи тоҷикӣ амсила тартиб додем, ки аз дохили матн гирифта ҳар як калимаҳои вобаста ба маънояшро таҳлил кунад. Ҳамчунин ин қоидаҳои дар боло зикр гардида барои антоним ва омоним низ анҷом дода шудааст. Акнун ба мо зурур меояд, ки барои таҳлили умумӣ аз як амсилаи умумӣ истифода барем,

ки ҳангоми истифодаи ин амсила, дилхоҳ калимаҳо таҳлил гарданд, [1]. Як чизро фаромуш набояд кард, ки ҳамаи ин таҳлилҳо ҳарчанд, ки аз рӯи амсилаи умумии сохташуда кор мекунад, вобастагии зич ба луғат дорад.

Таҳияи амсилаи (модел)и омоним: Сохтори тасодуфи шаклӣ ва фарқи маъноӣ

Омоним амсилаи (модел)и «як шакл дар маъноҳои гуногун» ҳаст. Ин яке аз амсилаҳои (модел)и мураккабтарин дар илми забоншиносӣ ба ҳисобида меравад, чунки дар ин ҷо як аломати графикоӣ савтӣ ба чанд мафҳуми комилан аз ҳам ҷудо ишора мекунад.

• **Сабабҳои моделсозӣ:** Омонимҳо аксар вақт дар натиҷаи тасодуфи таърихӣ ё иқтибоси калимаҳо аз забонҳои дигар ба вуҷуд меоянд. Масалан, модели вожаи «Шер» метавонад ҳамзамон ҳамчун ҳайвони дарранда, номи одам ё ҷасурӣ моделсозӣ шавад.

• **Мушкилоти десимволизатсия:** Дар илми технологияҳои иттилоотӣ барои ҷудо кардани маънои омонимҳо аз контекст яке аз вазифаҳои асосии моделсозии забонӣ ба ҳисоб меравад.

Бигузор додашудааст:

$$T = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (1)$$

$H(w)$ = маҷмӯи маъноҳои гуногуни як шакли калима w

• **Таърифи омоним**

Омоним = калимаҳое, ки:

- **як шакл (навишт/талаффуз якхела)**
- **вале маъноҳои тамоман гуногун**

• **Моделҳои математикӣ**

$$\text{Hom}(w_i, w_j) = 1[w_i = w_j \wedge |H(w_i)| > 1] \quad (2)$$

• **Натиҷа дар матн**

$$R(T) = \{w \in T \mid |H(w)| > 1\} \quad (3)$$

Шарҳ:

T = рӯйхати калимаҳо (матн)

$w_i = w_j \rightarrow$ калима якхела навишта мешавад

w = як калима аз матн

$H(w) \rightarrow$ ҳамаи маъноҳои калима

$|H(w)| > 1 \rightarrow$ зиёда аз як маъно дорад

U - якҷоя кардан

$1 \rightarrow 1$ (ҳа), 0 (не)

Натиҷаи комбинатсия:

Чӣ хеле ки дида мешавад, барои таҳлили синоним дар дохили ҷумлаҳои соддаи тоҷикӣ амсила тартиб додем ки аз дохили матн гирифта ҳар як калимаҳои вобаста ба маънояшро таҳлил кунанд. Ҳамчунин ин қоидаҳои дар боло зикр гардида барои антоним ва омоним низ анҷом дода шудааст. Акнун ба мо зурур меояд, ки барои таҳлили умумӣ аз як амсилаи (модел)и умумӣ истифода барем, ки ҳангоми истифодаи ин амсила (модел), дилхоҳ калимаҳо таҳлил гарданд. Як чизро фаромуш набояд кард, ки ҳамаи ин таҳлилҳо ҳарчанд, ки аз рӯи амсилаи умумии сохташуда кор мекунад, вобастагии зич ба луғат дорад. Ҳангоми дидани сохтани модели умумии синоним, антоним ва омоним метавонем модели умумӣ барои ҳаммаш созем.

$$R(T) = \{(w_i, w_j, "syn")\} \cup \{(w_i, w_j, "ant")\} \cup \{(w, "hom") \mid H(w) > 1\} \quad (1)$$

Хулоса, амсиласозии (моделсозии) синоним, антоним ва омоним нишон медиҳад, ки забони тоҷикӣ дорои як низоми ниҳоят мураккаб ва динамики мебошад. Синонимҳо ба забон **чандирӣ**, антонимҳо **мантиқ** ва монимҳо **гуногун-рангӣ** мебошанд. Омӯзиши ин моделҳо барои такмили маҳорати суханварӣ ва ҳамчунин барои рушди технологияҳои коркарди забони табиӣ аҳамияти бузург дорад.

Адабиёт:

1. Қосимов А.А, Шамсов С.М. Таҳлили синтаксисии ҷумлаи соддаи паҳншудаи забони тоҷикӣ дар асоси пурқунанда Душанбе - 2023, 105-108с
2. С. Арзуманов, О.Джалолов. Забони тоҷикӣ. - Душанбе “Ирфон”, 1969. - 384с.
3. М.А.Исмаилов. Основы автоматизированного морфологического анализа слов таджикского языка -Душанбе,1994. – 150 с.
4. АсозодаХ., Кабиров Ш., Анварӣ С. Забон ва адабиёти тоҷик (дастури таълимӣ). - Душанбе, 2005.
5. Грамматикаи забони адабии ҳозираи тоҷик. - Душанбе: Ирфон, 1987.
6. Ғаффоров Р., Хошимов С., Камолиддинов Б. Услубшиносӣ. - Душанбе: Маориф, 1975.
7. Каримов У., Абдулазизова С., Забони тоҷикӣ. - Қ. 1-2 - Душанбе: 2003-2004.
8. Арзуманов С. Забони тоҷикӣ. - Душанбе: Маориф, 1986.
9. Аллен Б. Дауни - Think DSP. Цифровая обработка сигналов на Python - Издательство "ДМК Пресс" - 2017 - 160с.
10. Арсак Ж. Программирование игр и головоломок: Пер. с франц.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 224 С.
11. Назаров Р. С. База постфиксов компьютерного морфологического анализа слов таджикского литературного языка. – Доклады АН Республики Таджикистан. – 2006. – т. 49, № 7. – С. 620-628. – EDN: OPQZNL.
12. Назаров Р. С. О множестве префиксов таджикского литературного языка. – Доклады АН Республики Таджикистан. – 2006. – т. 49, № 3. – С. 221-224. – EDN: OPNVID.

Муқарриз: д.и.т. Қодиров А.С.

Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон

ПРИМЕНЕНИЕ СЕМАНТИКО-СТРУКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОСТЫХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ТАДЖИКСКОГО ЯЗЫКА

В статье рассматривается вопрос компьютерного моделирования распространенных простых таджикских синтаксических моделей и разработки алгоритма их коррекции. Главная цель исследования – разработка и внедрение соответствующих моделей для представления, анализа и обработки структуры простых таджикских предложений, в которых наблюдаются грамматические, синтаксические ошибки или нарушения порядка слов. Для выявления и исправления таких ошибок были изучены распространенные простые синтаксические модели и созданы на их основе компьютерные модели.

На основе предложенных моделей был разработан специальный алгоритм коррекции, позволяющий автоматически восстанавливать правильный порядок лексических единиц и грамматическую структуру предложений. Полученные результаты показывают, что использование структурных моделей может значительно повысить эффективность процессов анализа и коррекции таджикских текстов.

Данное исследование имеет важное научное и практическое значение для развития технологий обработки естественного языка, систем проверки грамматики, машинного перевода и других областей машинного обучения на таджикском языке.

Ключевые слова: моделирование, распространённые модели предложений, простое предложение, семантика, алгоритм, таджикский язык, обработка естественного языка, синоним, антоним.

APPLICATION OF SEMANTIC-STRUCTURAL MODELS IN AUTOMATED PROCESSING OF TAJIK SIMPLE SENTENCES

This article examines the computer modeling of common simple Tajik syntactic models and the development of a correction algorithm. The primary goal of the study is to develop and implement appropriate models for representing, analyzing, and processing the structure of simple Tajik sentences containing grammatical, syntactic, or word order errors. To identify and correct such errors, common simple syntactic models were studied and computer models were created based on them.

Based on the proposed models, a special correction algorithm was developed that automatically restores the correct order of lexical units and the grammatical structure of sentences. The results demonstrate that the use of structural models can significantly improve the efficiency of Tajik text analysis and correction.

This study has important scientific and practical implications for the development of natural language processing technologies, grammar checking systems, machine translation, and other areas of machine learning in the Tajik language.

Keywords: modeling, common sentence models, simple sentence, semantics, algorithm, Tajik language, natural language processing, synonym, antonym.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Сафарзода Обид Сафар – номзади илмҳои филологӣ, Донигоҳи байналмилалӣ сайёҳӣ ва соҳибкорӣ Тоҷикистон. e-Mail: oniyozbokiev@gmail.com. ORCID: 0009-0006-2494-2897.

Шамсов Соҳибҷон Мирзомуддинович – омӯзгори кафедраи барномасозӣ ва низомҳои зехнӣ, Донигоҳи байналмилалӣ сайёҳӣ ва соҳибкорӣ Тоҷикистон. e-Mail: shamsovS@gmail.com. ORCID: 0009-0007-2328-8907.

Сведения об авторах:

Сафарзода Обид Сафар – кандидат филологических наук, Международный университет туризма и предпринимательства Таджикистана. e-Mail: oniyozbokiev@gmail.com. ORCID: 0009-0006-2494-2897.

Шамсов Соҳибҷон Мирзомуддинович – преподаватель кафедры программирования и интеллектуальных систем, Международный университет туризма и предпринимательства Таджикистана. e-Mail: shamsovS@gmail.com. ORCID: 0009-0007-2328-8907.

Information about the authors:

Safarzoda Obid Safar – candidate of philological sciences, International University of Tourism and Entrepreneurship of Tajikistan. e-Mail: oniyozbokiev@gmail.com. ORCID: 0009-0006-2494-2897.

Shamsov Sohijjon Mirzomuddinovich – lecturer of the department of programming and intellectual systems, International University of Tourism and Entrepreneurship of Tajikistan. e-Mail: shamsovS@gmail.com. ORCID: 0009-0007-2328-8907.

ТДУ 37.018.43:004.89:004.9

ТАҲЛИЛИ МУҚОИСАВИИ МУҲИТҲОИ МУОСИРИ РАҚАМИИ ТАЪЛИМ

Тағоев Ш.Х.

Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

Дар таҳқиқоти мазкур муҳитҳои муосири электронии таълимӣ ва системаҳои зехнии омӯзишӣ ҳамчун заминаҳои рақамикунонии раванди таълим баррасӣ ва таҳқиқ шудаанд. Дар натиҷаи таҳлили муқоисавии имконоти платформаҳои Moodle, Khan Academy, Coursera, Google Classroom ва Intelligent Tutoring Systems (ITS), хусусиятҳои архитектурӣ, функционалӣ ва зехнии ин системаҳо, инчунин бартарӣ, маҳдудиятҳо ва дурнамои рушди онҳо мавриди омӯзиш қарор гирифтаанд. Таваҷҷуҳи махсус ба масъалаҳои миқёспазирӣ, мутобиқшавӣ, зехникунонӣ ва идоракунии равандҳои таълимӣ дар шароити гузариш ба таҳсилоти рақамӣ равона гардидааст. Натиҷаҳои таҳлил собит менамоянд, ки истифодаи усулҳои мутобиқшавандаи идоракунии таълим барои баланд бардоштани самаранокии раванди омӯзиш аҳаммияти муҳим дорад. Дар баробари бартарӣ, маҳдудиятҳои муҳитҳои рақамии таълимӣ вобаста ба масъалаҳои миқёспазирӣ, истифодаи захираҳои ҳисоббарорӣ ва мутобиқсозии муҳити таълимӣ низ арзёбӣ шудаанд. Дар асоси натиҷаҳои таҳқиқот самтҳои асосии рушди минбаъдаи муҳитҳои рақамии таълимӣ ва густариши истифодаи технологияҳои зехни сунъӣ муайян гардидаанд. Натиҷаҳои бадастомада метавонанд ҳамчун заминаи илмӣ барои тақмили муҳитҳои рақамии таълимӣ ва рушди системаҳои зехнии омӯзишӣ дар шароити рақамикунонии соҳаи маориф истифода шаванд.

Калидвожаҳо: муҳити электронии таълимӣ, системаҳои зехнии омӯзишӣ, Moodle, Khan Academy, Coursera, Google Classroom, таҳсилоти рақамӣ, омӯзиши мутобиқшаванда, зехни сунъӣ.

Муқаддима. Даврони муосири рушди технологияҳои иттилоотӣ коммуникатсионӣ бо рақамикунонии ҳамаҷонибаи соҳаи маориф ва татбиқи васеи муҳитҳои электронии таълимӣ тавсиф карда мешавад. Рушди системаҳои зехни сунъӣ, технологияҳои абрӣ, ҳисоббарорӣҳои тақсимшуда, усулҳои моделсозии математикунонӣ компютерӣ ва платформаҳои зехнии идоракунии таълим боиси ташаккул ёфтани равишҳои куллан нави ташкил ва идоракунии равандҳои таълим гардидаанд [1-5].

Муҳитҳои электронии таълимӣ имрӯз ба яке аз ҷузъҳои калидии гузариши рақамии муассисаҳои таҳсилотӣ табдил ёфтаанд. Тавассути онҳо метавон равандҳои идоракунии таълимро автоматӣ кунонид, ба захираҳои таълимӣ аз тариқи фосила дастрасӣ пайдо кард, иттилооти таълимиро бо усули зехнӣ таҳлил кард, сифати таҳсил ва хизматрасониҳои таҳсилотиро баланд бардошт ва мазмуну мундариҷаи маводди таълимиро мутобиқ ба хусусиятҳои инфиродии хонандагон танзим намуд [6-8].

Таҳқиқоти солҳои охир собит месозанд, ки самаранокии системаҳои электронии таълимӣ, қабл аз ҳама, ба имконоти онҳо дар таъмини миқёспазирӣ (васеъшавандагӣ), дастгирии зехнии равандҳои омӯзишӣ, мутобиқшавӣ ба шароити доимо тағйирёбанда ва коркарди босуботи чараёнҳои дархостҳои зиёди таълимгирандагон вобаста мебошанд. Бинобар ин, зимни таҳия ва коркарди чунин системаҳо татбиқи усулҳои моделсозии математикӣ, таҳлили системавӣ ва технологияҳои зехни сунъӣ аҳаммияти махсус пайдо мекунад [9-11].

Ҳадафи таҳқиқоти мазкур аз он иборат аст, ки аз нигоҳи таҳлили системавӣ, идоракунии зехнӣ ва технологияҳои муосири иттилоотӣ таҳлили муқоисавии муҳитҳои навини электронии таълимӣ ва системаҳои зехнии омӯзишӣ гузаронида шавад. Дар таҳқиқот пайдарпайии муҳитҳои рақамии таълимии Moodle, Coursera, Khan Academy, Google Classroom ва ITS аз рӯи таҳаввули илмӣ технологияҳои таълимӣ баррасӣ, қиёс ва таҳлил шудаанд. Пайдарпайии онҳо гузариши муҳитҳои рақамиро аз системаҳои классикӣ идоракунии омӯзиш (LMS) ба платформаҳои абрии оммавӣ, муҳитҳои мутобиқшавандаи таълим ва системаҳои зехнии омӯзишӣ (ITS) инъикос менамояд.

Натиҷаҳои таҳқиқот метавонанд барои тақмили минбаъдаи архитектураи системаҳои омӯзиши электронӣ, интихоби платформаҳои самараноки таълимӣ ва баланд бардоштани сифати идоракунии равандҳои таълимӣ дар шароити трансформатсияи рақамии соҳаи маориф заминаи илмӣ фароҳам оваранд [12-16].

Moodle ҳамчун муҳити модулии идоракунии раванди таълим. Системаи Moodle яке аз платформаҳои асосӣ ва васеъ истифодашавандаи идоракунии раванди таълим (Learning Management System – LMS) ба шумор меравад. Он намояндаи насли аввалини системаҳои идоракунии омӯзиш (LMS) мебошад, ки асосан барои ташкили курсҳои таълимӣ ва идоракунии раванди таълим пешбинӣ шудааст.

Платформаи Moodle соли 2002 аз ҷониби информатики австралиягӣ Мартин Дугиамас (Martin Dougiamas) ҳамчун муҳити модулӣ ва кушода барои ташкил ва идоракунии раванди таълим таҳия гардида, омӯзиши фосилавӣ ва омехтаре дастгирӣ менамояд [17].

Таҳлилҳо муайян кардаанд [17-19], ки Moodle дорои низоми мукаммали васеъшавӣ тавассути плагинҳо, сатҳи баланди чандирии танзимот, имконияти ҳамгирӣ бо хизматрасониҳои беруна, мониторинг ва идоракунии иттилоот мебошад.

Архитектураи кушодаи система (пеш аз ҳама) ва бартариҳои дигари он, аз қабili дастрасии озод ба рамзҳои барномавӣ, дастгирии васеъкунии функционалӣ, механизмҳои мукаммали идоракунӣ, ташкили мундариҷаи таълимӣ ва ҳамоҳангӣ бо стандартҳои байналмилалӣ омӯзиши электронӣ имкон медиҳанд, ки системаи Moodle ба талаботи муассисаҳои гуногуни таълимӣ мутобиқ гардонида шавад.

Дар баробари бартариҳо, платформаи Moodle баъзе маҳдудиятҳо низ дорад, ки самаранокии истифодаи онро дар муҳитҳои рақамии муосир коҳиш медиҳанд:

норасоии таҳлили зехнии иттилоот ва механизмҳои дарунсохти зехни сунъӣ; мураккабии нигоҳдорӣ ва идора зимни сарбории баланди система ва афзоиши теъдоди корбарон; сатҳи пасти мутобиқшавӣ ба қобилиятҳои инфиродии хонандагон; зарурати ҷалби афзорҳои иловагӣ барои таҳлил, пешгӯӣ ва дастгирии қабули қарорҳои идоракунӣ [17-19].

Муҳаққиқони тоҷик низ дар ҳалли масъалаҳои татбиқи платформаи Moodle дар низоми таҳсилоти олии Ҷумҳурии Тоҷикистон, мутобиқсозии функционалӣ ва забони он ба шароити миллӣ, инчунин хусусиятҳои трансформатсияи рақамии муассисаҳои таҳсилоти олӣ саҳм гузоштаанд [1-16]. Натиҷаҳои таҳқиқоти онҳо нишон медиҳанд, ки истифодаи системаи Moodle метавонад ба болобарии самаранокии идоракунии раванди таълим, беҳтаргардонии сифати захираҳои электронии таълимӣ ва густариши имконоти таълими фосилавӣ мусоидат намояд. Дар баробари ин, рушди минбаъдаи Moodle ба ҳамгирии васеи усулҳои зехни сунъӣ, таҳлили зехнии иттилоот ва равишҳои мутобиқшавандаи идоракунии таълим ҳамбастагии зич дорад.

Системаи Khan Academy ва консепсияи омӯзиши мутобиқшаванда. Системаи Khan Academy платформаи дигари таълимӣ мебошад, ки ройгон паҳн карда мешавад. Онро бо мақсади татбиқи принципҳои таълими фардӣ ва мутобиқшаванда соли 2008 муҳаққиқи амрикоии соҳаи технологияҳои таълимӣ Сал Хон (Sal Khan) таъсис додааст [20].

Бо пайдоиши Khan Academy гузариш аз идоракунии одии курсҳои таълимӣ ба омӯзиши фардишуда ва мутобиқшаванда ба вучуд омад, ки он аз таҳлили фаъолияти таълимгиранда истифода мебарад. Хусусияти асосии системаи Khan Academy дар интихоби зехнии мундариҷаи таълимӣ зоҳир гашта, вобаста ба сатҳи дониш, имкониятҳои инфиродӣ ва пешрафти таълимии донишомӯз амалӣ мегардад. Равиши мазкур имкон медиҳад, ки раванди таълим ба имконот ва хусусиятҳои шахсии корбар мутобиқ шуда, самаранокии азхудкунии дониш баланд бардошта шавад.

Таҳқиқҳои муосир собит сохтаанд [20-21], ки системаи Khan Academy зимни истифода асосан ба равишҳои таҳлили иттилооти таълимӣ (learning analytics), технологияҳои санҷиши мутобиқшаванда (adaptive testing), усулҳои мониторинги фаъолияти корбарон ва арзёбии

пайвастаи натиҷаҳои омӯзиш така мекунад. Дар асоси маълумоти бадастомада система суръати азхудкунии маводди таълимӣ, сатҳи дониш ва мушкilotи донишомӯзро муайян намуда, барои ҳар як корбар хатти (траектория) инфиродии омӯзишро ташаккул медиҳад ва пешрафти таълимии ӯро мунтазам назорат мебарад.

Ба мисли дигар платформаҳои таълимӣ системаи Khan Academy низ дорoi бартариҳо ва маҳдудиятҳои хусусӣ мебошад. Ба бартариҳои асосии он метавон пешниҳоди мундариҷаи мутобиқшавандаи таълимӣ, омӯзиши фардишудаи мувофиқ ба сатҳи дониш ва қобилияти азхудкунии таълимгиранда, истифодаи механизмҳои зехнии мониторинг ва таҳлили пешрафт, фароҳам овардани муҳити чандири таълимӣ барои рушди малакаҳои инфиродӣ, дастгирии омӯзиши мустақилона ва худидоракунии раванди таълимро номбар кард. Ба норасоиҳо ӯ маҳдудиятҳои ин платформа бошад, бештар дастгирии нокифояи сенарияҳои мураккаби педагогӣ, имкониятҳои маҳдуди ҳамкорӣ дар гурӯҳҳо ва ҳамоҳангӣ бо барномаҳои миллий, вобастагии механизмҳои мутобиқшавӣ аз ҳаҷм ва сифати маълумоти ҷамъоваришударо дохил мекунанд.

Инчунин, таҳлилҳо нишон медиҳанд, ки принципҳо ва технологияҳои дар платформаи Khan Academy татбиқшуда ба рушди муҳитҳои мутобиқшавандаи таълимӣ ва системаҳои зехнии дастгирии омӯзиш таъсири назаррас расонидаанд [17-21]. Бо сабаби дар системаи Khan Academy истифода шудани усули таҳлили иттилооти таълимӣ ва алгоритмҳои мутобиқсозии мундариҷа ва арзёбии зехнии пешрафти таълимгирандагон имрӯз он ба яке аз татбиқкунандагони муваффақи технологияҳои зехни сунъӣ табдил ёфта, дар ташаккули насли нави системаҳои электронии таълимӣ ва омӯзиши мутобиқшавандаи таҳсилоти рақамӣ заминаи илмӣ фароҳам овардааст.

Coursera ҳамчун платформаи ҷаҳонии абрии таълимӣ. Системаи Coursera яке аз бузургтарин платформаҳои ҷаҳонии омӯзиши оммавии онлайнӣ (Massive Open Online Courses – MOOC) ба ҳисоб меравад. Ин платформа соли 2012 аз ҷониби олимони амрикоии соҳаҳои информатика, зехни сунъӣ ва омӯзиши мошинӣ Эндрю Ин (Andrew Ng) ва Дафна Коллер (Daphne Koller) таъсис дода шуда, ба хизматрасониҳои таълимии васеъмиқёс, дастрас ва мутобиқшаванда равона гардидааст [22].

Системаи Coursera бар хилофи системаҳои маъмули идоракунии таълим (LMS) ва омӯзиши мутобиқшаванда, ба архитектураи абрии тақсимшуда така намуда, зимни таҳлил ва идоракунии раванди таълим аз алгоритмҳои зехни сунъӣ истифода мебарад. Аз таҳлилҳо бармеояд, ки бо мақсади фардисозии раванди таълим ва баланд бардоштани сифати омӯзиш платформаи Coursera асосан ба усулҳои омӯзиши мошинӣ, системаҳои тавсиядиҳӣ (Recommendation Systems), таҳлили маводди таълимӣ (Learning Analytics) ва моделҳои пешгӯии рафтори таълимгирандагон така менамояд [22-24]. Истифодаи ин технологияҳо имкон медиҳанд, ки мазмун ва тарзи пешниҳоди маводди таълимӣ мувофиқан ба сатҳи дониш, фаъолияти таълимӣ ва ниёзҳои ҳар як таълимгиранда танзим карда шаванд.

Ба бартариҳои марказии платформаи Coursera метавон сатҳи баланди миқёспазирӣ, имконияти хизматрасонӣ ба миқдори зиёди корбарон, истифодаи системаҳои зехнии тавсиядиҳӣ барои интихоби курсҳои таълимӣ ва хатҳои инфиродии омӯзиш, архитектураи абрии тақсимшуда, эътимоднокии ва устувории сатҳи баланди система, дастгирии шумораи зиёди курсҳои таълимӣ, ҳамкорӣ бо донишгоҳҳо ва муассисаҳои таълимии бонуфузи ҷаҳон, таҳлили иттилооти таълимӣ барои мониторинг ва тақмили сифати раванди таълимро номбар кард.

Дар баробари бартариҳои зикршуда, системаи Coursera дорoi баъзе маҳдудиятҳои ҷузъӣ низ мебошад: вобаста будан аз сифати инфрасохтори шабакаи интернет ва хизматрасониҳои абрӣ; мутобиқати маҳдуд доштан ба хусусиятҳои низомҳои миллии таҳсилот ва барномаҳои таълимии маҳаллӣ; имконоти маҳдуд доштан дар тағйирпазирӣ ва танзими алгоритмҳои дохилии система аз ҷониби корбарон ӯ муассисаҳои таълимӣ; вобаста будан аз сиёсати техникую функционалии таҳиягарони платформа ва ғайра.

Тибқи таҳлилҳои илмӣ муҳаққиқон [22-24], системаи Coursera намунаи равшани гузариш

аз системаҳои классикии идоракунии таълим (LMS) ба платформаҳои зехнии тақсимшудаи таълимии насли муосир мебошад. Ҳамгироии технологияҳои ҳисоббарории абрӣ бо усулҳои нави зехни сунъӣ, омӯзиши мошинӣ, таҳлили зехнии иттилоот ва системаҳои мутобикшавандаи идоракунии таълим имкон медиҳанд, ки платформи Coursera сатҳи нави самаранокӣ, чандирӣ ва сифати хизматрасониҳои таълимиро дар соҳаи таҳсилоти рақамӣ таъмин намояд.

Google Classroom ҳамчун экосистемаи абрии таълимӣ. Системаи Google Classroom (соли пайдоиш 2014) платформаи абриест, ки барои ташкил ва идоракунии раванди таълим пешбинӣ шуда, бо бастаи хизматрасониҳои «Google Workspace for Education» (фазои кории Google барои соҳаи маориф) алоқаманд гардонида шудааст [25-27]. Платформаи мазкур барои омӯзгорон ва донишомӯзон фазои ҳамкорихои рақамӣ фароҳам оварда, имконияти идоракунии курсҳои таълимӣ, нигоҳдорӣ ва мубодилаи маводди омӯзишӣ, тақсимои автоматии супоришҳо ва ташкили фаъолияти муштараки корбаронро дар муҳити абрӣ таъмин месозад.

Яке аз хусусиятҳои нотақрори Google Classroom дар ҳамгироии он бо дигар хизматрасониҳои системаи Google, ба монанди Google Drive, Google Meet, Google Docs, Google Forms, Google Calendar ва дигар афзорҳои рақамии таълимӣ зоҳир мегардад. Ин шакли ҳамгирой шароит ба вучуд меорад, ки тамоми равандҳои асосии таълим, аз таҳияи маводди таълимӣ сар карда, то арзёбии натиҷаҳои омӯзиш, дар муҳити ягона ва мутамарказ амалӣ карда шаванд.

Ба бартариҳои дигари платформаи Google Classroom маҳсулнокии баланд ва фаъолияти устувори онро бо шумораи зиёди корбарон, содагии идоракунии ва осонии истифодаи онро барои муассисаҳои таълимӣ, дастгирии васеи дастгоҳҳои мобилӣ ва имконияти омӯзиши фосолавиро тавассути ҳар гуна таҷҳизот ва мубодилаи маводди омӯзиширо байни иштирокчиёни раванди таълим дохил кардан мумкин аст.

Дар қатори бартариҳои зикршуда, чунин маҳдудиятҳои ин платформаро низ қайд кардан зарур мешуморем: имконоти начандон зиёди мутобиксозии муҳити таълимӣ ба хусусиятҳои фардии таълимгирандагон, сатҳи нокифояи истифодаи механизмҳои зехни сунъӣ ва қабули қарорҳои зехнӣ, вобастагии саҳт аз инфрасохтори абрии беруна ва шабакаи интернет, тағйирпазирӣ ва мутобиксозии маҳдуди функсияҳои дохилии он нисбат ба системаҳои дорои рамзҳои кушода.

Новобаста ба маҳдудиятҳои мавҷуда, платформаи Google Classroom ҳамоно яке аз муҳитҳои самаранокӣ абрии таълимӣ боқӣ мемонад. Гарчанде рушди минбаъдаи он ба густариши истифодаи технологияҳои зехни сунъӣ, усулҳои таҳлили зехнии иттилооти таълимӣ ва механизмҳои мутобикшавандаи идоракунии раванди омӯзиш вобаста бошад ҳам, архитектураи абрӣ, ҳамгирой бо хизматрасониҳои рақамӣ ва имконоти васеи ҳамкорихои онлайнӣ имкон медиҳанд, ки ин платформа дар шароити гузариши рақамии низоми маориф яке аз абзори муҳими ташкили муҳити муосири таълимӣ шинохта шавад [25-27].

Системаҳои зехнии омӯзишӣ (Intelligent Tutoring Systems – ITS) яке аз равишҳои зуд рушдкунандаи технологияҳои муосири таълимӣ ба ҳисоб мераванд (пайдоиш ва ташаккули назариявӣ аз солҳои 1970-1980, рушди фаъол аз солҳои 2000-2020) [28-30]. Системаҳои мазкур ба истифодаи усулҳои зехни сунъӣ, технологияҳои инженерияи (муҳандисии) дониш, таҳлили зехнии иттилоот, омӯзиши мошинӣ ва идоракунии мутобикшавандаи раванди таълим асос ёфтаанд. Ҳадафи асосии системаҳои зехнии омӯзишӣ аз моделсозии фаъолияти рафтори омӯзгорон ва таълимгирандагон, автоматикунонии раванди таълим ва таъмини омӯзиши фардӣ иборат мебошад.

Дар таҳқиқоти олимони кишварҳои гуногун В. Woolf [31], J. Anderson [32], K. VanLehn [33], P. Brusilovsky [34], D. Sleeman [35] ва дигарон архитектураи системаҳои зехнии омӯзишӣ, моделҳои таълимгирандагон ва алгоритмҳои дастгирии зехнии қабули қарорҳои идоракунии мавриди таҳлил қарор гирифта, заминаи назариявии рушди системаҳои муосири таълимии мутобикшавандаро фароҳам овардаанд.

Чузъҳои асосии системаҳои зехнии омӯзиширо моделҳои омӯзандагон, модулҳои зехнии идоракунии, зерсистемаҳои ташаккули мутобикшавандаи мундариҷаҳои таълимӣ, моделҳои соҳаҳои фанӣ, низомҳои таҳлил ва мониторинги фаъолияти корбарон ташкил медиҳанд.

Истифодаи васеи технологияҳои зехни сунъӣ, фардисозии муҳити омӯзиш, ташаккули хатҳои инфиродии таълим, идоракунии мутобикшавандаи раванди таълим, автоматикунонии дастгирии таълимгирандагон, пешниҳоди тавсияҳои зехнӣ ва болобарии самаранокии омӯзишро тавассути таҳлили пайвастаи натиҷаҳои таълим ба бартариҳои ин система нисбат додан мумкин аст [30-34].

Айнан бо ҳамин тарз маҳдудиятҳои системаи мазкурро низ номбар кардан мумкин аст: мураккабии аз ҳад зиёди ҳисоббарорӣ зимни истифодаи алгоритмҳои зехни сунъӣ ва омӯзиши мошинӣ, мураккабии таҳия ва такмили моделҳои дониш ва алгоритмҳои мутобикшаванда, душвории миқёспазирӣ бо зиёд шудани теъдоди корбарон, зарурати коркарди ҳаҷми зиёди иттилоот дар вақти воқеӣ, талаботи қатъӣ ба захираҳои ҳисоббарорӣ ва инфрасохтори шабакавӣ.

Ҳамгироии технологияҳои зехни сунъӣ, таҳлили зехнии иттилооти таълимӣ, омӯзиши мошинӣ ва ҳисоббарорӣҳои абрӣ имкон медиҳанд, ки системаҳои зехнии омӯзишӣ (ITS) боз ҳам бозътимодтар, мутобикшавандатар ва миқёспазиртар гардида, барои ташкили муҳитҳои рақамии таълимии насли нав заминаи устувортар фароҳам оваранд [31-35].

Хулосаҳо. Таҳлилҳои муқоисавӣ нишон медиҳанд, ки муҳитҳои муосири рақамии таълимӣ аз рӯйи сатҳи зехникунонӣ, мутобикшавӣ, миқёспазирӣ ва архитектураи худ фарқ мекунанд. Ҳар як платформа вобаста ба технологияҳои истифодашаванда дорои бартарӣ ва маҳдудиятҳои хос мебошад, ки самаранокии онҳоро дар шароити гуногуни раванди таълим муайян месозанд (ҷадвали 1).

Ҷадвали 1.

Марҳилаҳои пайдоиш, рушд ва таҳаввули муҳитҳои рақамии таълимӣ

Муҳити таълимӣ	Соли пайдоиш	Марҳилаи таҳаввул	Хусусияти асосӣ
Moodle	2002	LMS-и классикӣ	Идоракунии курсҳои таълимӣ, муҳити модулӣ, архитектураи кушода
Khan Academy	2008	Муҳити омӯзиши мутобикшаванда	Фардисозии омӯзиш, омӯзиши таҳлилӣ, омӯзиши мутобикшаванда
Coursera	2012	Платформаи ҷаҳонии MOOC	Миқёспазирӣ, инфрасохтори абрӣ, тавсияҳои зехнӣ
Google Classroom	2014	Экосистемаи абрии таълимӣ	Ҳамгирӣ бо Google Workspace, ҳамкориҳои онлайнӣ
Intelligent Tutoring Systems	Рушди фаъол аз солҳои 2000-ум	Муҳити зехнии таълим	Зехни сунъӣ, моделсозии таълимгиранда, идоракунии мутобикшаванда

Системаҳои маъмули идоракунии таълим (LMS) имкониятҳои васеъро барои идоракунии мундариҷа, ташкили курсҳои таълимӣ ва назорати омӯзиш фароҳам меоранд. Бо вучуди ин, онҳо аз ҷиҳати истифодаи технологияҳои зехни сунъӣ, таҳлили зехнии иттилоот ва ташкили муҳити мутобикшаванда имкониятҳои маҳдуд доранд.

Системаҳои абрии таълимӣ бо истифода аз технологияҳои мувофиқи абрӣ ва архитектураи тақсимшуда хизматрасониҳои таҳсилоти барои таъдоди зиёди корбарон таъмин месозанд. Ин системаҳо сатҳи баланди дастрасӣ ва чандирии захираҳои таълимиро фароҳам меоранд, аммо фаъолияти онҳо ба сифати инфрасохтори шабакавӣ вобастагии сахт дорад.

Системаҳои зехнии омӯзишӣ (ITS) бошанд, сатҳи баланди фардисозии таълим, мутобиқсозии мундариҷаи омӯзиш ва дастгирии қабули қарорҳои идоракунии раванди таълимиро таъмин менамоянд. Бо вуҷуди ин, татбиқи чунин системаҳо бо амалисозии алгоритмҳои мураккаб, усулҳои омӯзиши мошинӣ, моделҳои зехни сунъӣ ва захираҳои назарраси ҳисоббарорӣ сахт алоқаманд мебошанд, ки истифодаи онҳоро каме душвор мегардонанд.

Натиҷаҳои таҳқиқоти мазкур аҳамияти илмию амалии рушди муҳитҳои рақамии таълимиро дар асоси ҳамгироии таҳлили системавӣ, моделсозии математикӣ, идоракунии нейрошабакавӣ ва технологияҳои зехни сунъӣ тасдиқ мекунанд. Таҳияи ин методологияҳо имкон медиҳанд, ки муҳитҳои рақамии насли нав бо сатҳи баланди мутобиқшавӣ, устуворӣ ва самаранокӣ таъсис ёфта, ба рушди сифати таҳсилот дар шароити трансформатсияи рақамӣ мусоидат намоянд.

Адабиёт:

1. Комилиён, Ф.С. Интеллектуальная система документооборота на основе микросервисной архитектуры и моделей BERT [Текст] / Ф.С. Комилиён, М.Ф. Рахимов // Вестник национального университета. Серия естественных наук. – 2026. – № 2. – С. 76-85.
2. Rahimi, F. Mathematical Modeling of an Intelligent Document Management System Based on Microservice Architecture and BERT Models [Electronic resource] / F. Rahimi, F.S. Komiliyon, M.F. Rahimov, M.R. Yorov // Applied and Computational Mathematics. – 2026. – Vol. 15. – No. 3. – P. 68-74. // <https://doi.org/10.11648/j.acm.20261503.11> (Date of the application: 14.05.2026).
3. Давлатов, Р. Ҷ. Самаранокҳои истифодаи технологияҳои иттилоотии муосир дар гурӯҳҳои иқтисодии муассисаҳои таҳсилоти миёнаи касбӣ [Матн] / Р.Ҷ. Давлатов, Ф.С. Комилиён, Б.Ф. Файзализода // Паёми Донишгоҳи давлатии Бохтар ба номи Носири Хусрав. – 2019. – № 1/3 (65). – С. 205-210. – ISSN 2663-5534.
4. Ёров, М.Р. Татбиқи системаи хизматрасонии оммавӣ дар коркарди дархостҳои онлайнӣ [Матн] / М.Р. Ёров, Ф.С. Комилиён // Паёми Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. Бахши илмҳои табиӣ. – 2023. – № 2. – С. 42-53. – EDN: QTPBDV.
5. Раҳмонзода, З.Ф. Асосҳои назариявӣ ва иқтисодии идоракунии сифати хизматрасониҳои таълимӣ [Матн] / З.Ф. Раҳмонзода, Ф.С. Комилиён // Номаи донишгоҳ. Силсилаи илмҳои табиатшиносӣ ва иқтисодӣ. – 2020. – Т. 55. – № 4. – С. 90-100. – EDN: AWDYXG.
6. Комилиён, Ф.С. Технологияи бозихи педагогӣ дар рушди салоҳиятҳои хонандагон дар чараёни таълими системаҳои ҳисоб [Матн] / Ф.С. Комилиён, Ш.Х. Тағоев, А.Ш. Комилӣ. – Душанбе: ҚДММ «Ганҷи хирад», 2019. – 160 с. – EDN: OCHYDL.
7. Комилов, Ф.С. Игровая технология как разновидность интерактивной педагогической игры [Текст] / Ф.С. Комилов, Ш.Х. Тағоев // Вестник Таджикского национального университета. Серия естественных наук. – 2015. – Т.2. – № 1-5-2 (188). – С. 3-10. – EDN: VVROCJ.
8. Раджабов, Б.Ф. Современные информационные методы дистанционного обучения в медицинских вузах Таджикистана [Текст] / Б.Ф. Раджабов, Ф.С. Комилов // Вестник Таджикского национального университета. – 2018. – № 2. – С. 305-310. – EDN: MSBXFZ.
9. Комилиён, Ф.С. Внедрение микросервисной архитектуры для оптимизации распределения информационных ресурсов [Текст] / Ф.С. Комилиён, М.Ф. Рахимов // Наука и инновация. Серия геологических и технических наук. – 2024. – № 2. – С. 71-79. – EDN: UZJNVI.

-
10. Комилиён, Ф.С. Микросервисная архитектура: от монолита к гибким распределенным системам [Текст] / Ф.С. Комилиён, М.Ф. Рахимов // Доклады Национальной академии наук Таджикистана. – 2023. – Т. 66. – № 11-12. – С. 659-667. – EDN: LSVHDL.
 11. Комилиён, Ф.С. Микросервисная архитектура и BERT-модели в интеллектуальном документообороте профобразования [Текст] / Ф.С. Комилиён, М.Ф. Рахимов // Политехнический вестник. Серия: Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2026. – № 2 (74). – С. 57-66.
 12. Файзализода, Б.Ф. Результаты анализа анкет респондентов курса повышения квалификации преподавателей-врачей на основе технологии дистанционного обучения [Текст] / Б.Ф. Файзализода, Ф.С. Комилиён // Вестник Бохтарского государственного университета имени Носира Хусрава. Серия гуманитарных и экономических наук. – 2019. – № 1-3 (65). – С. 148-155. – EDN: PQAQBN.
 13. Комилиён, Ф.С. Алгоритмизация микросервисной модели интеллектуального документооборота в профобразовании на базе BERT [Текст] / Ф.С. Комилиён, М.Ф. Рахимов // Вестник национального университета. Серия естественных наук. – 2026. – № 2. – С. 98-109.
 14. Рахимов, М.Ф. Анализ характеристик монолитных и микросервисных архитектур [Текст] / М.Ф. Рахимов, Ф.С. Комилиён // Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. – 2023. – № 4 (193). – С. 44-54. – EDN: GHUYHC.
 15. Комилиён, Ф.С. Математическое моделирование интеллектуальной системы документооборота на основе микросервисной архитектуры и моделей BERT [Текст] / Ф.С. Комилиён, М.Ф. Рахимов.
 16. Комилов, Ф.С. Роль мультимедийных игровых технологий в образовательной среде виртуального общения [Текст] / Ф.С. Комилов, Ш.Х. Тагоев // Вестник педагогического университета. – 2015. – № 6-1 (67). – С. 60-66. – EDN: WDHEHB.
 17. Dougiamas, M. Moodle: Using Learning Communities to Create an Open Source Course Management System [Text] / M. Dougiamas, P.C. Taylor // Proceedings of EdMedia 2003: World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications. – Waynesville, NC: AACE, 2003. – Pp. 171-178.
 18. Rice, W. Moodle E-Learning Course Development [Text] / W. Rice. – Birmingham: Packt Publishing, 2015. – 404 p. – ISBN 978-1-78216-334-3.
 19. Al-Ajlan, A. Why Moodle [Text] / A. Al-Ajlan, H. Zedan // Proceedings of the 2008 12th IEEE International Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems. – Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2008. – Pp. 58-64. – DOI 10.1109/FTDCS.2008.22.
 20. Khan, Salman. The One World Schoolhouse: Education Reimagined [Text] / S. Khan. – New York: Twelve, 2012. – 259 p.
 21. Murphy, R. Research on the Use of Khan Academy in Schools: Implementation Report [Text] / R. Murphy, L. Gallagher, A. E. Krumm [et al.]. – Menlo Park, CA: SRI Education, 2014. – 121 p.
 22. Ng, A. The Online Revolution: Education for Everyone [Text] / A. Ng, D. Koller // KDD '13: Proceedings of the 19th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. – New York: ACM, 2013. – P. 4. – DOI 10.1145/2487575.2492148.
 23. Garrison, D. R. E-Learning in the 21st Century: A Framework for Research and Practice [Text] / D. R. Garrison, T. Anderson. – New York; London: Routledge, 2011. – 192 p. – ISBN 978-0-415-88583-6.
 24. Harasim, L. Learning Theory and Online Technologies [Text] / L. Harasim. – New York; London: Routledge, 2017. – 212 p. – ISBN 978-1-138-86000-1.
-

25. Iftakhar, S. Google Classroom: What Works and How? [Text] / S. Iftakhar // Journal of Education and Social Sciences. – 2016. – Vol. 3. – Pp. 12-18.
26. Azhar, K. A. Effectiveness of Google Classroom: Teachers' Perceptions [Text] / K.A. Azhar, N. Iqbal // Prizren Social Science Journal. – 2018. – Vol. 2. – No. 2. – Pp. 52-66.
27. Bhat, S. Leveraging E-Learning through Google Classroom: A Usability Study [Text] / S. Bhat, R. Raju, B. Singh, A. D'Souza // Journal of Engineering Education Transformations. – 2018. – Vol. 31. – No. 3. – Pp. 127–131. – DOI 10.16920/jeet/2018/v31i3/120038.
28. Graesser, A. C. AutoTutor and Family: A Review of 17 Years of Natural Language Tutoring [Text] / A.C. Graesser // International Journal of Artificial Intelligence in Education. – 2014. – Vol. 24. – No. 4. – Pp. 327-355. – DOI 10.1007/s40593-014-0029-5.
29. Wenger, E. Artificial Intelligence and Tutoring Systems: Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge [Text] / E. Wenger. – Los Altos, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1987. – 486 p.
30. Nkambou, R. Advances in Intelligent Tutoring Systems [Text] / R. Nkambou, J. Bourdeau, R. Mizoguchi. – Berlin: Springer, 2010. – 510 p.
31. Woolf, B. P. Building Intelligent Interactive Tutors [Text] / B.P. Woolf. – Burlington: Morgan Kaufmann, 2009. – 467 p.
32. Anderson, T. The Theory and Practice of Online Learning [Text] / T. Anderson. – Edmonton: Athabasca University Press, 2008. – 472 p.
33. VanLehn, K. Intelligent Tutoring Systems [Text] / K. VanLehn // Encyclopedia of the Sciences of Learning. – New York: Springer, 2012. – Pp. 1606-1609. – DOI 10.1007/978-1-4419-1428-6.
34. Brusilovsky, P. User Models for Adaptive Hypermedia and Adaptive Educational Systems [Text] / P. Brusilovsky, E. Millán // The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization. – Heidelberg: Springer-Verlag, 2007. – Pp. 3-53. – DOI 10.1007/978-3-540-72079-9_1.
35. Sleeman, D. Intelligent Tutoring Systems [Text] / D. Sleeman, J. S. Brown. – London: Academic Press, 1982. – 345 p. – ISBN 978-0-12-648680-3.

Муқарриз: д.и.ф.-м., дотсент Саидзода И.М.
Донишгоҳи миллии Тоҷикистон

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕД

В данном исследовании рассматриваются современные электронные образовательные среды и интеллектуальные обучающие системы как основа цифровизации образовательного процесса. В результате сравнительного анализа возможностей платформ Moodle, Khan Academy, Coursera, Google Classroom и Intelligent Tutoring Systems (ITS) изучены архитектурные, функциональные и интеллектуальные характеристики указанных систем, а также их преимущества, ограничения и перспективы развития. Особое внимание уделено вопросам масштабируемости, адаптивности, интеллектуализации и управления образовательными процессами в условиях перехода к цифровому образованию. Результаты анализа подтверждают, что использование

адаптивных методов управления обучением имеет важное значение для повышения эффективности учебного процесса. Наряду с преимуществами, были также оценены ограничения цифровых образовательных сред, связанные с вопросами масштабируемости, использования вычислительных ресурсов и адаптации учебной среды. На основе результатов исследования определены основные направления дальнейшего развития цифровых образовательных сред и расширения использования технологий искусственного интеллекта. Полученные результаты могут использоваться в качестве научной основы для совершенствования цифровых образовательных сред и развития интеллектуальных обучающих систем в условиях цифровизации сферы образования.

Ключевые слова: электронная образовательная среда, интеллектуальные обучающие системы, Moodle, Khan Academy, Coursera, Google Classroom, цифровое образование, адаптивное обучение, искусственный интеллект.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN DIGITAL EDUCATIONAL ENVIRONMENTS

This study examines modern electronic learning environments and intelligent tutoring systems as a foundation for the digitalization of the educational process. As a result of a comparative analysis of the capabilities of the Moodle, Khan Academy, Coursera and Google Classroom platforms, as well as Intelligent Tutoring Systems (ITS), the architectural, functional, and intelligent characteristics of these systems were investigated, along with their advantages, limitations, and development prospects. Particular attention is given to issues of scalability, adaptability, intelligence, and the management of educational processes in the context of the transition to digital education. The results of the analysis confirm that the use of adaptive learning management methods is of great importance for increasing the efficiency of the educational process. Along with the advantages, the limitations of digital educational environments related to issues of scalability, use of computational resources, and adaptation of the learning environment have also been assessed. Based on the research results, the main directions for the further development of digital educational environments and the expansion of the use of artificial intelligence technologies have been identified. The obtained results can be used as a scientific basis for improving digital educational environments and developing intelligent learning systems in the context of digitalization of the education sector.

Keywords: electronic learning environment, intelligent tutoring systems, Moodle, Khan Academy, Coursera, Google Classroom, digital education, adaptive learning, artificial intelligence.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Тағоев Шамсулло Хурсанович – номзоди илмҳои педагогӣ, омӯзгори калони кафедраи информатика, Донишгоҳи миллии Тоҷикистон. e-Mail: shamsullo800@mail.ru. ORCID: 0009-0000-6069-0056.

Сведения об авторах:

Тағоев Шамсулло Хурсанович – кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры информатики, Таджикский национальный университет. e-Mail: shamsullo800@mail.ru. ORCID: 0009-0000-6069-0056.

Information about the authors:

Tagoev Shamsullo Khursandovich – candidate of pedagogical sciences, senior lecturer of the informatics department, Tajik National University. e-Mail: shamsullo800@mail.ru. ORCID: 0009-0000-6069-0056.



ИҚТИСОДИЁТ

ЭКОНОМИКА

ECONOMY

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТНОГО ПРЕИМУЩЕСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Субхонзода И.С.

Таджикский государственный финансово-экономический университет

В статье рассматриваются вопросы внедрения цифровых решений для обеспечения конкурентоспособности производственного предпринимательства в Республике Таджикистан. Отмечается, что вопросы цифровой трансформации становятся актуальными для предпринимательской деятельности, в особенности, для производственного предпринимательства.

В статье сделан акцент на том, что достижение предпринимателями конкурентного преимущества в условиях цифровой экономики возможно только одним путём - внедрения инноваций, а интегрированное планирование цифровой деятельности в процессе бизнеса позволяет более эффективно использовать активы и повышать эффективность предпринимательской деятельности.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровая зрелость, цифровая культура, конкурентное преимущество, приоритеты цифровых программ, средний и крупный производственный бизнес, производственное предпринимательство.

В последние время вопросы цифровой трансформации становятся актуальными для предпринимательской деятельности, в особенности, для производственного предпринимательства. Этот процесс становится важным инструментом для условий функционирования бизнеса, позволяет повышать эффективность деятельности компаний в условиях неопределённости, значительно сокращает предельные издержки предприятий и позволяет формировать новые качества самих компаний в условиях нового технологического уклада. Исследования показывают, что использование в процессе предпринимательской деятельности, например, интернета как канала дистрибуции, значительно повышает уровень продаж, по сравнению с теми компаниями, которые не присутствуют интернет-пространстве.

Практика показывает, что с каждым годом растёт цифровая зрелость предпринимательства вне зависимости от размеров создаваемых компаний. [9] В современных условиях главным фактором достижения конкурентного преимущества становится внедрение в систему предпринимательской деятельности принципа цифровой культуры, что позволяет более эффективно комбинировать и соединять воедино все факторы производства, повышать производительность бизнеса и увеличивать скорость адаптации сотрудников компаний к внешним технологическим изменениям. Именно поэтому в Послании Лидера Нации, Президента Республики Таджикистан уважаемого Эмомали Рахмона Маджлиси Оли Республики Таджикистан от 28 декабря 2024 года предложено для расширения инновационных процессов и всестороннего использования возможностей цифровых технологий в различных сферах экономики объявить 2025-2030 годы «Годами развития цифровой экономики и инноваций». [1]

Современные исследования показывают, что достижение предпринимателями конкурентного преимущества в условиях цифровой экономики возможно только одним путём - внедрения инноваций, [2; 3; 4] а интегрированное планирование цифровой деятельности в процессе бизнеса позволяет более эффективно использовать активы и повышать эффективность предпринимательской деятельности. [5]

Таким образом, цифровизация становится ключевым приоритетом развития производственного предпринимательства, поскольку она позволяет значительно повысить эффективность, гибкость и конкурентоспособность компаний.

Преимущества цифровизации для производственного предпринимательства в Республике Таджикистан включают, на наш взгляд, в себя шесть основных приоритетов.

Прежде всего, это повышение производительности и автоматизация. Дело в том, что цифровизация позволяет автоматизировать производственные процессы, минимизировать ручной труд и ошибки. Использование робототехники, систем управления производством и промышленных интернет-вещей позволяет повысить точность и скорость операций, сокращая издержки.

Во-вторых, это формирование умных фабрик и индустрия 4.0. Практика показывает, что концепция «Индустрия 4.0» включает в себя внедрение технологий, таких как искусственный интеллект, большие данные и интернет вещей, для создания так называемых «умных фабрик». В таких предприятиях системы автоматически собирают и анализируют данные для оптимизации процессов в реальном времени, что приводит к более гибкому производству и адаптации к изменениям спроса.

В-третьих, это оптимизация цепочек поставок посредством цифровизации, что помогает улучшить управление цепочками поставок за счет цифровых платформ, отслеживания движения товаров и автоматизированного планирования. Это приводит к сокращению затрат, ускорению логистики и снижению рисков перебоев в поставках.

В-четвертых, повышение за счет цифровизации качества продукции. Как показывает практика предпринимательской деятельности, внедрение систем контроля качества с использованием аналитики данных и машинного обучения позволяет компаниям более точно отслеживать и управлять параметрами качества на всех стадиях производства. Это снижает количество дефектов и возвратов продукции.

В-пятых, достижение персонализации и гибкости производства. Цифровые технологии позволяют компаниям производить более персонализированные продукты, отвечающие индивидуальным требованиям клиентов. Модели гибкого производства дают возможность быстро переключаться между разными типами продукции, не теряя в производительности.

И, наконец, в-шестых, это обеспечение кибербезопасности. Дело в том, что с ростом использования цифровых технологий важность защиты данных также возрастает. Интеграция систем кибербезопасности помогает защитить производственные и финансовые данные, что становится критическим аспектом цифровизации и достижения конкурентоспособности в процессе предпринимательской деятельности.

В целом, необходимо отметить, что цифровизация - это не просто технологический тренд, а необходимость для производственного предпринимательства, которое стремится оставаться конкурентоспособным и устойчивым в условиях глобальной экономики. Сегодня цифровизация

производственного предпринимательства в Республике Таджикистан - важное направление, которое находится на начальной стадии развития по сравнению с другими странами. Однако, как показывают исследования, в настоящее время Правительство Таджикистана и предпринимательские структуры страны признают потенциал цифровизации для повышения эффективности, производительности и конкурентоспособности промышленности. [10]

Исследования показывают, что основные аспекты цифровизации в производственном предпринимательстве Таджикистана включают, прежде всего, правительственные инициативы в области внедрения цифровых программ для стимулирования цифровизации в промышленности. Примером является Программа цифровой экономики Таджикистана на 2021-2025 годы, которая направлена на развитие информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) во всех отраслях, включая промышленное производство. Как известно, цель программы - создание условий для перехода к цифровой экономике, повышения эффективности производства и улучшения качества продукции. Сегодня в рамках Министерства промышленности и новых технологий начал функционировать «Центр искусственного интеллекта и инноваций», который будет помогать промышленным компаниям внедрять искусственный интеллект и инновационные решения в отраслях промышленности.

Некоторые крупные производственные компании в Республике Таджикистан начали инвестировать в технологии автоматизации и управление производственными процессами с помощью цифровых решений. Примером может служить «ТАЛКО» (Таджикский алюминиевый завод), который стремится к модернизации своих производственных мощностей через внедрение современных технологий для повышения эффективности и устойчивости, посредством внедрения автоматизированных систем управления. Сангтудинский цементный завод использует современные технологии для управления производственными процессами и контроля качества цемента. Завод «Таджиктекстиль», как один из ведущих текстильных производителей страны, используя цифровые решения внедряет ERP-системы (Enterprise Resource Planning - комплексные программы для управления всеми бизнес-процессами) для управления производственными процессами и цепочками поставок.

Сегодня в Республике Таджикистан многие предприятия активно используют цифровые технологии для повышения эффективности непосредственного процесса производства. Так, например, агроинновационный центр Таджикистана - ЗАО «Агроинвест» работает над внедрением современных технологий в сельское хозяйство, включая цифровые решения для управления производственными процессами, а также использует цифровые технологии для мониторинга и анализа урожайности и управления процессами переработки. Завод по переработке плодов и овощей «ФрутТадж» внедряет автоматизацию в процессы упаковки и сортировки, а также системы управления качеством.

Таджикская железная дорога - ГУП «Рохи охани Тоҷикистон», компания которая использует цифровые технологии для управления логистикой и оптимизации транспортных процессов, а компания «Барки Тоҷик» внедряет цифровые технологии для управления энергосистемами и повышения эффективности.

Очень важно отметить, что именно средний и крупный производственный бизнес в Таджикистане начинают использовать систему управления производством (ERP-системы) и автоматизацию для повышения эффективности и снижения затрат, так как они позволяют

обеспечить централизацию информации из всех сфер бизнеса, автоматизацию бизнес-процессов, способствовать снижению трудовых затрат и эффективному использованию ресурсов расход ресурсов, а также проводить подробную профессиональную экспертизу предпринимательской деятельности. Однако для малого предпринимательства использование такого инструмента обеспечения конкурентоспособности пока не выгодно из-за технических трудностей и высокой стоимости.

Пример китайских компаний в Таджикистане показывает, как можно инвестировать в цифровые решения в производственном предпринимательстве и активно их использовать. Так, например, такие как компании как, «Huawei» и ZTE, внедряют современные технологии и цифровые решения, включая интернет вещей (IoT), автоматизацию и управление данными, чтобы повысить эффективность производственных процессов. Многие китайские компании участвуют в инфраструктурных проектах в Таджикистане, что включает в себя использование цифровых технологий для управления проектами, мониторинга и анализа данных. Китайские агропромышленные компании внедряют цифровые решения в сельском хозяйстве, такие как системы управления урожаем и мониторинга, что помогает повысить производительность и устойчивость к изменениям климата. Важно, что цифровые решения становятся важной частью производственной деятельности китайских компаний в Таджикистане, что способствует улучшению эффективности и конкурентоспособности. Эти примеры иллюстрируют, как предприятия в Таджикистане начинают интегрировать цифровые технологии в свои процессы для повышения конкурентоспособности и эффективности.

Также, важно отметить, что для производственного предпринимательства в республике важным шагом в цифровизации является внедрение технологий для управления цепочками поставок. В Таджикистане это особенно важно в отраслях с сильной зависимостью от внешних поставок сырья, таких как текстильная и алюминиевая промышленность. Как было отмечено выше, цифровые платформы помогают оптимизировать логистику, снизить риски и увеличить прозрачность на всех этапах производства и транспортировки.

Для поддержки цифровизации необходимо развивать инфраструктуру информационных технологий. В последние годы в Республике Таджикистан наблюдается рост интернет-покрытия и мобильной связи, что позволяет предприятиям постепенно переходить к использованию цифровых платформ для управления производственными процессами.

В то же время, для успешной цифровизации важна подготовка квалифицированных кадров. Сегодня в республике развиваются образовательные программы, связанные с ИТ и цифровыми технологиями, вместе с тем, потребность в подготовке специалистов для работы с новыми технологиями в промышленности остается высокой. Исследования показывают, что для развития производственного предпринимательства в условиях цифрового перехода, персонал их предприятий является одним из важнейших производственных ресурсов, который должен обладать цифровыми компетенциями в процессе реализации бизнес-идей предпринимателей и соответствовать требованиям, которые предъявляются профессиональными стандартами в этой области. [6] Поэтому цифровая трансформация в производственном предпринимательстве неизбежно будет требовать высококвалифицированных специалистов в области обработки больших данных и эксплуатации новых технологий. Кроме этого, сами предприниматели должны владеть современными информационными коммуникациями, чтобы обеспечить эффективную

комбинацию факторов производства и оптимальное взаимодействие с партнерами и потребителями их продукции.

В современных условиях недостаточное развитие цифровой инфраструктуры, особенно в удалённых районах страны выступает определённым препятствием для внедрения передовых технологий на уровне малого и среднего бизнеса. В то же время, низкий уровень осведомленности некоторых предпринимателей о преимуществах цифровизации также выступает ограничением для развития цифровой экономики.

В целом, необходимо отметить, что в Республике Таджикистан предпринимаются определенные шаги в сторону цифровизации производственного сектора, но для полного перехода к цифровой экономике потребуется значительное развитие инфраструктуры, образования и инновационных инициатив, а также развитие цифрового производства, цифрового банкинга, цифрового государственного управления, цифрового образовательного ресурса и сетевого взаимодействия в условиях цифровой образовательной среды.

Анализ обзора «Индикаторы цифровой экономики-2020» показывает, что предпринимательские структуры аккумулируют свой цифровой бизнес, прежде всего, в таких отраслях, как телекоммуникации (индекс цифровизации 41%), информационные технологии (индекс цифровизации 35%), обрабатывающая промышленность (индекс цифровизации 35%). [4] В свою очередь, индекс цифровизации малого и среднего бизнеса достигает 50% (2020 г.). [7]

В контексте настоящего исследования необходимо подчеркнуть, что цифровая экономика базируется, прежде всего, на цифровом бизнесе, который используя новые технологии, акцентирует свое внимание на новые бизнес-модели, новые модели взаимодействия участников рынка и новые виды конкуренции, а также на новые компетенции. Анализ трендов цифровой экономики показывает, что с точки зрения развития предпринимательства можно выделить следующие приоритетные направления деятельности: а) электронная торговля, т.е. торговля товарами и услугами посредством виртуальных магазинов; б) электронный маркетинг, предполагающий возрастающую активность аналитических и экспертных групп внутри компаний и, самое главное, в) инвестиции в НИОКР компаний.

В то же время, в условиях цифровой трансформации для производственного предпринимательства в республике эти направления выступают вспомогательными факторами развития, которые позволяют получить конкурентные преимущества посредством снижения производственных, финансовых и трудовых затрат, а также оптимизации производства. [8] В этом случае, предельная производительность такого фактора общественного производства, как предпринимательские способности, будет постоянно возрастать.

Дело в том, что предельная производительность фактора предпринимательских способностей в условиях цифровизации экономики претерпевает значительные изменения, обусловленные несколькими ключевыми факторами. Прежде всего, это увеличение доступа к информации, так как цифровизация позволяет предпринимателям получать доступ к огромным объемам информации и аналитики. Это способствует более обоснованным решениям и улучшению стратегического планирования, что может увеличить предельную производительность. Во-вторых, автоматизация процессов и рутинных задач освобождают предпринимателей для более творческой и стратегической работы. Это позволяет повысить их производительность, так как они могут сосредоточиться на инновациях и развитии. В-третьих,

цифровые платформы позволяют предпринимателям выходить на международные рынки с минимальными затратами. Это расширяет возможности для бизнеса и увеличивает предельную производительность за счет доступа к новым клиентам и ресурсам. В-четвертых, цифровизация способствует возникновению новых бизнес-моделей, таких как подписки, краудфандинг и платформенные решения, что открывает новые возможности для предпринимателей и может значительно повысить их производительность. В-пятых, цифровые инструменты позволяют более эффективно взаимодействовать с клиентами, собирать обратную связь и адаптировать продукты и услуги под их потребности, что позволяет увеличить спрос на конечную продукцию и, соответственно, способствовать росту предельной производительности. В-шестых, цифровизация способствует более быстрому внедрению инноваций и креативных решений, что может значительно повысить производительность предпринимательских способностей.

Таким образом, в условиях цифровизации экономики предельная производительность такого фактора общественного производства, как предпринимательские способности, как правило, увеличивается, однако этот процесс должен постоянно сопровождаться обучением, адаптацией к новым условиям и использованием современных технологий. Цифровая трансформация демонстрирует растущий интерес производственного предпринимательства к цифровизации и автоматизации в производственном секторе Таджикистана, что способствует улучшению их конкурентоспособности на рынке.

Анализ их деятельности в направлении применения цифровых решений показывает, что производственное предпринимательство в секторе цветной промышленности сосредотачивается, прежде всего, на внедрение автоматизированных систем управления производственными процессами для повышения эффективности и снижения затрат, а также использование систем мониторинга и контроля для оптимизации энергопотребления. В секторе горнодобывающей промышленности эффективным направлением является применение автоматизированных систем для контроля качества продукции и управления производственными процессами, а также использование программного обеспечения для планирования и управления запасами. Для предприятий обрабатывающей промышленности важным является внедрение ERP-систем для управления цепочками поставок, финансовыми потоками и производственными процессами, а также использование цифровых платформ для управления заказами и взаимодействия с клиентами. Для производственного предпринимательства в агропромышленном комплексе наибольшую эффективность показывают использование цифровых технологий для мониторинга и управления процессами переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, внедрение систем управления данными для анализа урожайности и оптимизации агрономических практик, а также автоматизация процессов упаковки и сортировки продуктов с помощью современных технологий.

В этом контексте важно отметить, что в Послании Лидера Нации, Президента Республики Таджикистан уважаемого Эмомали Рахмона Маджлиси Оли Республики Таджикистан от 28 декабря 2024 года, отмечается, что «в следующие 5 лет для продвижения цифровой экономики необходимо уделять первостепенное внимание следующим направлениям: Первое, оперативное совершенствование правовых основ и принятие необходимых документов в направлении перехода на цифровую экономику. Второе, развивать цифровую инфраструктуру до сетей 5G, развития центра разработки данных, создания совершенной национальной платформы данных. Третье, полная цифровизация государственных услуг и создание единой платформы

государственных услуг. Четвёртое, развитие человеческого капитала путём изучения и квалификации кадров по информационным технологиям внутри и за пределами страны, повышение уровня культуры использования цифровых технологий. Пятое, широкое использование искусственного интеллекта в ходе предложения услуг и системы государственной регистрации. Шестое, принятие мер в направлении обеспечения кибербезопасности информационных платформ. Седьмое, формирование цифрового предпринимательства и развитие электронной торговли». [1]

Таким образом, инициативы Правительства страны и опыт производственного предпринимательства в нашей республике, показывают своевременность и необходимость использования цифровых технологий для повышения производительности, улучшения качества, оптимизации производственных процессов и повышение конкурентоспособности.

Литература:

1. Послание Президента Республики Таджикистан уважаемого Эмомали Рахмона об основных направлениях внутренней и внешней политики республики. 28.12.2024. Душанбе, 2024.
2. Веселовский М.Я., Никонорова А.В. Управление инновационным процессом и особенности внедрения инноваций// Вопросы новой экономики. 2014. №2(30). С. 60-67.
3. Веселовский М.Я., Погодина Т.В. Цифровые технологии и их влияние на инновационное развитие регионального промышленного комплекса//Вопросы региональной экономики. 2019. №1(38). С. 21-26
4. Индикаторы цифровой экономики: 2020: статистический сборник / Г.И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2020. – 360 с.
5. Digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing Электронный ресурс]
<https://www.pwc.de/de/digitale-transformation /digital-factories-2020-shaping-the-future-of-manufacturing.pdf>
6. Морозов М.А., Морозова Н.С. Подходы к оценке соответствия образовательных программ профессиональным стандартам// Высшее образование сегодня, 2017. №10. С.13-17.
7. Индекс цифровизации малого и среднего бизнеса [Электронный ресурс].
<https://nafi.ru/analytics/pandemiya-i-perekhod-kompaniy-na-udalennuyu-indeks-tsifrovizatsii-malogo-i-srednego-biznesa/>
8. Комилов С.Дж., Б.К.Шарипов., Шодибеки Сафар. Совершенствование управления инновационным развитием золотодобывающих предприятий. Монография, Душанбе филиал Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в г. Душанбе, 2024.-212 с.
9. Саидмуродзода Л.Х., Субхонзода И.С. Модели внешнеторговой стратегии развития предпринимательства в лёгкой промышленности Таджикистана //Экономика Таджикистана, №3, 2024. С.21.
10. Субхонзода И.С. Анализ развития предпринимательства в промышленности Республики Таджикистан в рамках ускоренной индустриализации// Вестник ТНУ, №9, 2024. С.67-68.

Рецензент: д.э.н., профессор Усманова Т.Дж.

Технологический университет Таджикистана

РАҚАМИКУНОНИИ ИСТЕҲСОЛОТ ҲАМЧУН ОМИЛИ ТАЪМИНИ БАРТАРИИ РАҚОБАТИИ СОҲИБКОРИИ ИСТЕҲСОЛӢ

Дар мақола масъалаҳои ҷорӣ намудани қарорҳои рақамӣ барои таъмини рақобатпазирии соҳибкории истеҳсоли дар Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ карда мешавад. Қайд карда мешавад, ки ҷоринамоя ва табдили рақамӣ барои фаъолияти соҳибкорӣ, хусусан барои соҳибкории истеҳсоли масъалаҳои муҳим арзёбӣ мегардад.

Дар мақола таъкид шудааст, ки ба даст овардани бартарии рақобатӣ аз ҷониби соҳибкорон дар иқтисоди рақамӣ танҳо бо як роҳ имконпазир аст - навоарӣ ва банақшагирии ҳамгирошудаи фаъолияти рақамӣ дар раванди тиҷорат, ки ин имкон медиҳад, ки дороиҳо самараноктар истифода шаванд ва самаранокии фаъолияти соҳибкорӣ амалӣ гардида, рушди устувор ва гирифтани даромади мунтазам таъмин карда шавад.

Калидвожаҳо: табдили рақамӣ, камолоти рақамӣ, фарҳанги рақамӣ, бартарии рақобат, афзалиятҳои барномаҳои рақамӣ, тиҷорати миёна ва калон, соҳибкории истеҳсоли

DIGITALIZATION OF PRODUCTION AS A FACTOR OF ENSURING THE COMPETITIVE ADVANTAGE OF INDUSTRIAL ENTREPRENEURSHIP

The article discusses the issues of implementing digital solutions to ensure the competitiveness of industrial entrepreneurship in the Republic of Tajikistan. It is noted that the issues of digital transformation are becoming relevant for entrepreneurial activity, especially for industrial entrepreneurship.

The article focuses on the fact that entrepreneurs can achieve a competitive advantage in the digital economy only by introducing innovations, and integrated planning of digital activities in the business process allows for more efficient use of assets and increase the efficiency of entrepreneurial activity.

Key words: digital transformation, digital maturity, digital culture, competitive advantage, priorities of digital programs, medium and large manufacturing business, industrial entrepreneurship.

Маълумот дар бораи муаллиф:

Субҳонзода Икром Субҳон – номзоди илмҳои иқтисодӣ, дотсенти кафедраи фаъолияти бонкии Донишгоҳи давлатии молия ва иқтисодии Тоҷикистон. e-Mail: isubhonzoda@yandex.tj. ORCID: 0009-0005-5582-7253.

Сведения об авторе:

Субҳонзода Икром Субҳон – кандидат экономических наук, доцент кафедры банковского дела Таджикского государственного финансово-экономического университета. e-Mail: isubhonzoda@yandex.tj. ORCID: 0009-0005-5582-7253.

Information about the author:

Subhonzoda Ikrom Sukhon – candidate of economic sciences, associate professor of the department of banking, Tajik State University of Finance and Economics. e-Mail: isubhonzoda@yandex.tj. ORCID: 0009-0005-5582-7253.



ТДУ 334.72:338.24

**МЕТОДОЛОГИЯИ ИНТИХОБИ АФЗАЛИЯТҲОИ РУШДИ СОҲИБКОРИИ
ИСТЕҲСОЛӢ ДАР ИҚТИСОДИ МИЛЛӢ**

Субҳонзода И.С.

Донишгоҳи давлатии молия ва иқтисодии Тоҷикистон

Дар давоми ду даҳсолаи охир фаъолияти соҳибкорӣ яке аз маъмултарин фаъолиятҳои иқтисодӣ маҳсуб ёфта он ба сифати як муҳаррики асосии пешбаранда дар рушди иқтисодиёти миллӣ маҳсуб меёбад. Дар илова ба ин вобаста ба ҷанбаҳои таркибии муҳити соҳибкорӣ таваҷҷуҳ ва афзалият дар фаъолияти соҳибкории истеҳсолӣ бештар гардидааст. Аз ин лиҳоз механизмҳои асосии ташаккул ва рушди фаъолияти соҳибкорӣ ва дастгирии самтҳои афзалиятноки он ҳосияти институционалӣ дошта дар он фаъолнокии гӯрӯҳҳо ва сохторҳои манфиатдор муҳим ва зарурӣ мебошад. Аз ин хотир дар мақолаи мазкур мо муҳимтарин ҷузъиёти рушди соҳибкории истеҳсолиро аз нуқтаи назари методологӣ мавриди баррасӣ қарор дода дар он як қатор масъалаҳои муҳимро мавриди баррасӣ қарор додем. Дар илова ба ин мо матритсаи таснифи соҳибкории истеҳсолро ҷиҳати муайян кардани афзалиятҳои рушди онҳо дар иқтисодиёти миллӣ баррасӣ намуда ба натиҷаҳои назаррас ноил гардидем.

Калидҷоҳо: рушди самтҳои афзалиятнок, соҳибкории истеҳсолӣ, рушди иқтисодиёти миллӣ, муҳити соҳибкорӣ, фаъолияти соҳибкорӣ, ҳавасмандгардонии субъектҳои соҳикорӣ.

Дар таъмини рушди самтҳои афзалиятноки иқтисодӣ интиҳоби механизмҳои муассир ва таъсиррасон, дар ин замина, шартҳои асосӣ ва зарурӣ мебошад. Бинобар ин, вобаста ба вазъият ва имкониятҳои иқтисодӣ ва сохторӣ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон, бахши соҳибкорӣ яке аз механизмҳои асосие мебошад, ки он дар таъмини рушди устувори иқтисодӣ нақши калидӣ дорад. Интиҳоби роҳҳо, воситаҳо ва дигар омилҳои таъсиррасонанда дар муҳити афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ яке аз масъалаҳои асосӣ ва калидӣ маҳсуб меёбад. Вобаста ба ҳамаи ин заруриятҳо, роҳбари маҳбуби давлатамон дар замони соҳибистиқлолӣ ташаккул ва рушди баши соҳибкориро ҳамчун самти афзалиятноки иқтисодӣ мавриди назари худ қарор дода, ба он тавҷуҳи доимӣ зоҳир менамояд. Тавре аз сарчашмаҳо бар меояд “... Ҳануз соли 1997 дар воҳӯрӣ бо аҳли зиёи кишвар, Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ - Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон самтҳои пажӯҳишҳои назариявиро дар соҳаи иқтисод равшан нишон дода, қайд карданд, ки бо дарназардошти воқеияти ҷаҳони муосир ва хусусиятҳои тафаккури миллӣ, ба таҳлили самтҳо ва пешрафти раванди иқтисодӣ таваҷҷӯҳ зоҳир карда, фаҳмонида додани механизми ҷорӣ намудани иқтисоди бозорӣ зарур аст” [3].

Пешвои миллат, мухтарам Эмомалӣ Раҳмон борҳо ибраз намудаанд, ки “Мушкилоти муосири кишварҳои рӯ ба тараққи чаҳон он қадар нотақдор аст, ки татбиқи назарияҳои анъанавӣ ба онҳо манзараи воқеии рушдро ошкор намекунад” [3]. Муносибатҳои ғайристандартӣ ба проблемаҳои ба назар анъанавии иҷтимоӣ иқтисодӣ заруранд ва пеш аз ҳама, барои он ки рушди соҳибкорӣ на танҳо проблемаи иқтисодӣ мебошад. Ин ниҳоди иқтисодӣ бозорӣ инчунин ҳуқуқҳои конституционии соҳибкоронро низ дар бар мегирад.

Тавре маълум аст, дар миёнаҳои солҳои 90-уми асри 20 маҷмуи маҳсулоти дохилии кишвари мо нисбат ба соли 1991 40 Ҷоизро ташкил дода, истеҳсоли маҷмуи маҳсулоти кишоварзӣ 52,8 Ҷоиз коҳиш ёфта, коҳиши истеҳсолот дар саноат 65,8 Ҷоизро ташкил дода, сатҳи таваррум ба нишондиҳандаи чоррақама расида, сатҳи камбизоатии миллии бошад аз 80 Ҷоиз гузашт. Дар маҷмӯъ, талафоти ҷанги шаҳрвандӣ беш аз 10 миллиард долларро ташкил дод. Танҳо 42 Ҷоизи роҳҳои дорой аҳамияти ҷумҳуриявӣ ва 20 Ҷоизи роҳҳои дорой аҳамияти маҳаллидошта мумфарш буда, 73 Ҷоизи роҳҳо дар ҳолати тоқатфарсо қарор дошта, умуман кишварамон дар бунбасти нақлиёти алоқа қарор дошт [2, с. 70].

Ёдовар шудан бамаврид аст, ки тавассути ҳавасманд гардонидани субъектҳои соҳибкорӣ як қатор имкониятҳои нави иқтисодӣ иҷтимоӣ эҳё гардида, як қатор арзишҳои умумимиллии ба манфиати ҷомеа зарур тавассути фаъолияти соҳибкорӣ таъмин карда мешаванд.

Аммо, масъалаи муҳими назариявӣ ҳам барои иқтисодӣ ватанӣ ва ҳам барои илмӣ иқтисод - ин масъалаи асосноккунии интиҳоби афзалиятҳо барои ҳавасмандгардонии фаъолияти соҳибкорӣ дар маҷмӯъ ва аз ҷумла соҳибкории истеҳсолӣ мебошад.

Соҳибкории истеҳсолӣ дар рушди иқтисодӣ кишвар нақши муҳиму арзанда мебошад. Он ба таъсиси ҷойҳои корӣ, афзоиши маҷмуи маҳсулоти дохилӣ (ММД) ва рушди технология мусоидат мекунад. Аммо, барои бомуваффақият қору фаъолият қардан, қорхонаҳои истеҳсолӣ бояд ба соҳаҳои афзалият диҳанд, ки ҳадафҳо ва стратегияҳои дарозмуддати онҳоро дастгирӣ мекунанд.

Пеш аз ҳама - ин модели назариявии идоракунии стратегияи қорхона мебошад. Тибқи ин равиш, интиҳоби афзалиятҳо дар соҳибкории истеҳсолӣ метавонад бо истифода аз модели идоракунии стратегӣ асоснок қарда шавад. Барои ин, ҷунон ки маълум аст, гузаронидани SWOT-таҳлил (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) зарур аст, ки ин имкон медиҳад самтҳои қавӣ ва заифи соҳибкории истеҳсолӣ, инчунин, имкониятҳо (омилҳо) ва таҳдидҳои беруна муайян қарда шаванд. Масалан, дар шароити муосир самтҳои қавӣ қарҳои баландиҳтисос, технологияҳои муосир, обрӯи баланд дар бозор қармад намуда, самтҳои заиф бошад, ин технологияҳои қўхнашудаи истеҳсолот, маблағгузориҳои ноқифоя ва стратегияи сусти маркетингӣ мебошанд. Омилҳо ва имкониятҳои берунаи рушди соҳибкории истеҳсолӣ - ин афзоиши эҳтимолии талабот ба маҳсулот, бозорҳои нав, қарномаҳои дастгирӣ давлатӣ ва ғайра мебошанд. Ҳамзамон, таҳдидҳо метавонанд ноустувории иқтисодӣ, тағйирот дар қонунгузорӣ, қаробати баланд ва ғайраро дар бар қаранд.ss

Нуктаи назари дуҷоми қонсептуалӣ ба асоснокии назариявии интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар шароити муосир - ин назарияи давраи ҳаётии маҳсулот мебошад. Аз назарияи идорақунӣ маълум аст, ки дар марҳилаҳои қуноғуни давраи ҳаётии маҳсулот (қориқунӣ, афзоиш, қамолот, таназзул) қорхона бояд афзалиятҳои ҳудро мутобиқ созад. Дар марҳилаи аввали қоринамоӣ инноватсия ва рушди технологияҳои нав муҳим аст, дар ҳоле, ки дар марҳилаи қамолот оптимизатсияи равандҳои истеҳсолӣ ва баланд қардоштани сифат метавонад авлавият дошта бошад.

Равиши сеҷоми интиҳоби афзалиятҳо, ба андешаи мо, метавонад ба қонсепсияи муносибати бисёрҷомилии омӯзиши падидаҳои иқтисодӣ асос ёбад. Тибқи равиши маққур

омилҳое, ки ба интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсоли таъсир мерасонанд, метавонанд омилҳои иқтисодӣ, иҷтимоӣ ва технологӣ бошанд. Ба омилҳои иқтисодии интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсоли фаъолияти сармоягузори ширкатҳо ва вазъи бозорро метавон нисбат дод. Масалан, сатҳи сармоягузорӣ ба таҳқиқот ва лоиҳакашӣ (НИОКР) ва мавҷудияти захираҳо дар кишварҳое, ки ин чараён дар ҳоли татбиқшавӣ қарор доранд, одатан ба афзалиятҳои стратегии фаъолияти ширкатҳо муайян мегардад. Ба омилҳои иҷтимоӣ дар интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсоли тағйироти афзалиятҳои истеҳмоликунандагон, тамаркуз ба рушди устувор ва стандартҳои экологиро метавон дохил кард, ки дар шароити муосир аҳамияти бештар пайдо мекунад.

Барои Ҷумҳурии Тоҷикистон интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсоли дар шароити муосир вазифаи мураккабест, ки ба назар гирифтани омилҳои зиёдро тақозо мекунад. Дар сурати мутобиқнамоии фаъолияти соҳибкорӣ бо равандҳои печидаи ҷаҳонишавӣ ба як қатор натиҷаҳои назаррас ноил гардидан ба мақсад мувофиқ мебошад. Аз ин рӯ, равишҳои назари назариявӣ барои интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсоли, инчунин, татбиқи онҳо дар шароити иқтисоди муосири Тоҷикистон хеле муҳиманд.

Вобаста ба иқтисоди миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон асосҳои назариявии интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолиро ба назари мо, мумкин аст, ки тавассути призмаи якчанд равишҳои назариявии дар адабиёти иқтисодии ватанӣ мавҷудбуда баррасӣ кард.

“... Якум - тавассути назарияи иқтисодии захираҳо. Ин нуқтаи назар таваҷҷӯхро ба истифодаи оптималии захираҳои маҳдуд равона мекунад. Дар шароити Ҷумҳурии Тоҷикистон, ки сарфи меҳнат ва захираҳои табиӣ нақши муҳим ва боризро мебозад, фаъолияти соҳибкории истеҳсоли бояд ба самтҳои хеле самарабахш равона карда шавад. Тавре ки Асосгузори сулҳу ваҳдати миллӣ - Пешвои миллат, Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон муҳтарам Эмомалӣ Раҳмон дар Паёми навбатии худ ба Маҷлиси Олӣ қайд карданд, “...Ҷиҳати ҳавасманд намудани фаъолияти навоарӣ, дар истеҳсолоти васеъ истифода кардани технологияҳои инноватсионӣ ва дастгирии ташаббусҳои созандаи соҳибкорон дар ин ҷода, хусусан, доир ба коркарди ашёи хом дар дохили мамлакат тадбирҳои фаврӣ роҳандозӣ карда шаванд” [1].

Истифодаи самараноки захираҳои мавҷудаи дар ихтиёрдоштаи ниҳодҳои соҳибкорӣ ва истеҳсоли боиси баланд гардидани рақобатпазирии истеҳсолоти саноатӣ кишоварзӣ гардида, ба як қатор натиҷаҳои назаррас ноил мегардад. Дуруст аст, ки “...баланд бардоштани рақобатнокӣ ва гуногуннавьии истеҳсолоти саноатӣ, зиёд кардани ҳаҷми истеҳсолоти саноати коркард, афзоиш додани арзиши иловашудаи молҳои саноатӣ дар асоси рушди маҷмааҳои соҳавӣ зарур мебошад” [1].

Дуюм - асосҳои назариявии интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолиро тавассути назарияи бартарии рақобат метавон баррасӣ кард. Мувофиқи ин назария дар иқтисоди миллии кишвар ва минтақаҳои он ҳамон соҳаҳоро рушд додан лозим аст, ки дорои бартарии рақобатнокӣ мебошанд. Барои Ҷумҳурии Тоҷикистон таваҷҷӯҳи бештаре метавонад ба кишоварзӣ, нассочӣ ва масолеҳи сохтмонӣ дода шавад.

Сеюм – тавассути истифодаи назарияи инноватсионӣ. Гап дар сари он аст, ки дар шароити муосир технологияи нав ва равандҳои инноватсиониро ҷорӣ кардан лозим аст. Рушди иқтисоди рақамӣ ва “сабз”, инчунин, таъсиси стартапҳо метавонад яке аз самтҳои афзалиятноки баланд бардоштани рақобатпазирии иқтисоди миллии гардад.

Чорум – дар асоси назарияи рушди устувор. Тавре пажӯҳишҳои ватанӣ нишон медиҳанд, ҳангоми интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсоли дар кишвар бояд ҷанбаҳои иҷтимоӣ, аз қабili таъсиси ҷойҳои нави корӣ, баланд бардоштани сатҳи зиндагӣ ва рушди устувори ҷомеаҳо низ ба инобат гирифта шавад.

Таҳлили вазъи имрӯзаи соҳибкории истеҳсолӣ дар Тоҷикистон нишон медиҳад, ки ҷумҳурии дорои захираҳои ғании табиӣ мебошад, вале сатҳи бекорӣ ва камбизоатӣ таҳияи тадбирҳои маҷмуии дастгирии соҳаи истеҳсолиро тақозо мекунад. Мушкилоти асосие, ки соҳибкории истеҳсолӣ дар кишвар ба он рӯбарӯ мешавад, ин мушкилоти нокифояи захираҳои молиявӣ, рушди сусти инфрасохтори бозор, нарасидани қувваи қуллаи кории таҳассусӣ ва ғайра мебошанд. Масалан, дастрасии маҳдуди маблағгузорӣ ва бо қарзтаъминкунӣ дар минтақаҳои кишвар, ба қор андохтан рушди истеҳсолоти навро мушкил гардонда, вазъияти на он қадар хуби шабакаҳои энергетикӣ ба пешрафти истеҳсолот ҳалал расонида, рушди истеҳсолотро боз медорад. Дар навбати худ, таҳсилоти самти ихтисосҳои касбӣ-техникӣ ва омода намудани кадрҳои соҳаи технология ва менеҷмент рушди минбаъдаро тақозо мекунад.

Бо дарназардошти гуфтаҳои боло, метавон якҷанд самтҳои афзалиятноки рушди соҳибкории истеҳсолиро дар Ҷумҳурии Тоҷикистон муайян кард:

1. Рушди минбаъдаи корхонаҳои комплекси агросаноатӣ – КАС. Беҳтарсозии равандҳои истеҳсолӣ дар соҳаи кишоварзӣ, ҷорӣ намудани технологияҳои муосир ва ташкили низоми коркарди маҳсулоти кишоварзӣ метавонад ба афзоиши арзиши иловашуда ва таъмини шугли аҳолии мусоидат кунад.

2. Ташаккул ва рушди минбаъдаи инфрасохтори саноатӣ. Барои ин зарур аст, ки ба рушди инфрасохтори нақлиётӣ ва логистикӣ сармоягузорӣ карда шавад, то дастрасии бозор афзоиш ёфта, хароҷот кам карда шавад.

3. Дастгирии минбаъдаи соҳибкории хурду миёна. Ба назари мо, вобаста ба шароити имрӯзаи Тоҷикистон дастгирии бахши соҳибкории хурду миёна дар марҳилаи аввал ҷанбаи мусбати иҷтимоӣ ва дар марҳилаи дигар ҷанбаҳои иқтисодӣ ва бозорӣ дорад.

4. Рушди босуръати инноватсия ва технологияҳо. Имкониятҳои нави рушдро дар самти тақриристеҳсол ва самаранокӣ ҳосилнокии меҳнат фароҳам меоварад.

Вобаста ба имкониятҳои мавҷуда, рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар Тоҷикистон бояд тавре ба роҳ монда шавад, ки тамоми мановфеи ҷомеа ҳифз ва иқтисодиёти онро рушд дода тавонад. Равиябандии муайян ва ҷорӣ намудани технологияҳои инноватсионӣ, дастгирии соҳибкории хурду миёна ва рушди комплекси агросаноатӣ метавонад вазъи соҳаи саноати кишварро ба таври назаррас беҳтар созад.

Соҳибкории истеҳсолӣ дар рушди иқтисодиёти дилхоҳ кишвар нақши муҳим дорад. Соҳибкорон ҷойҳои нави қорӣ таъсис дода, истеҳсоли молу хизматрасониро афзун намуда, ба рушди иқтисод ва беҳтар шудани сифати зиндагии мардум саҳми арзанда мегузоранд. Аз ин рӯ, интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ бояд мантиқан асоснок ва ба принципҳои илмӣ асос ёбад. Мо принципҳои асосиро дида мебароем, ки ҳангоми таҳияи стратегияи рушди соҳибкории истеҳсолӣ ба онҳо таъкид кардан лозим аст.

Ба андешаи мо, принципҳои асосии рушди соҳибкории истеҳсолӣ бояд дар асоси ба назар гирифтани талабот ва рақобатпазирии молу хизматрасонӣ, истифодаи пешрафтҳои инноватсионӣ ва технологӣ, инчунин, таъмини сифат ва идоракунии дурусти ширкатҳо асос ёбад.

Яке аз принципҳои асосии рушди соҳибкории истеҳсолӣ ин қонеъ гардонидани талаботи бозор мебошад. Соҳибкоронро зарур аст, ки талаботи истеъмолкунандагонро таҳлил кунанд, рақибонро омӯзанд ва маҳсулоту хизматрасониҳои беназирро таҳия ва коркард кунанд, ки таваҷҷӯҳи харидоронро ҷалб намоянд.

Дар ҷаҳони муосир соҳибкории истеҳсолӣ бидуни навоарӣ ва истифодаи технологияҳои наватарин пеш рафта наметавонад. Мунтазам навунии равандҳои истеҳсолот, ҷорӣ намудани ихтироот ва кашфиётҳои наво ба баланд шудани самаранокӣ қори корхонаҳо ва қобилияти рақобатнокии маҳсулот мусоидат мекунад.

Ва ниҳоят, яке аз омилҳои муҳими муваффақияти соҳибкории истеҳсолӣ – ин таъмини сифати баланди маҳсулот ва хизматрасонӣ мебошад. Соҳибкорон бояд барои пай дар пай такмил додани равандроҳои истеҳсолот, назорат аз болои сифати маҳсулот ва такмил додани системаи идоракунии корхона талошу кӯшиш ба харҷ дода, мубориза баранд.

Принсипҳои дар боло зикршуда имконият медиҳанд, ки интихоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар иқтисоди муосири миллий асоснок карда шаванд. Пеш аз ҳама, ширкатҳоро зарур аст, ки ба таҳқиқоти бозор ва таҳлили талабот диққати ҷиддӣ диҳанд. Соҳибкорон бояд таҳқиқоти бозорро гузаронида, ниёзҳои истеъмолкунандагонро муайян кунанд ва истеҳсоли маҳсулотҳоеро ба роҳ монанд, ки ба талаботи харидорон ҷавобгӯ бошанд. Сониян, дастгирии инноватсия ва пешрафти технологӣ ба корхонаҳо дар рақобатпазир мондан ва бомуваффақият ворид шудан ба бозор кӯмак мекунад. Инчунин, фаъолият дар самти беҳтар намудани сифати маҳсулот, ҷорӣ намудани усулҳои ҳозиразамони идоракунӣ ва омӯзонидани кадрҳо асоси пешравии бомуваффақияти корхона мебошад.

Ҳамин тариқ, интихоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ омили калидии муваффақияти корхона мебошад. Он бояд бодикқат асоснок карда шуда, ба принсипҳои илмӣ асос ёфта, талаботи бозор, навоарӣ, сифат ва идоракунӣ ба назар гирад. Татбиқи ин принсипҳо ба соҳибкорон барои ноил шудан ба натиҷаҳои баланд ва мустаҳкам кардани мавқеи онҳо дар бозор мусоидат мекунад.

Ҳамзамон, бояд қайд кард, ки равишҳо ва принсипҳои назариявии дар боло зикршуда оид ба интихоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар иқтисоди миллий муносибати анъанавии таҳлили рушди ин намуди соҳибкориро, ки дар адабиёти иқтисодӣ мавҷуд аст, инъикос мекунанд. Ба андешаи мо, дар шароити муосир барои асосноксозии коркарди низоми афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар иқтисоди миллий, равиш ва нигоҳи муосиртар зарур аст. Чунин равиш метавон ба гурӯҳбандии бисёрсатҳии нишондодҳои асос ёбад, ки рушди сифатӣ ва миқдорӣ фаъолияти соҳибкориро дар иқтисоди миллий тавсиф мекунанд.

Рушди соҳибкории истеҳсолӣ ҳамчун ниҳод (институт)-и асосӣ (ҳамчун ниҳоди калидӣ) дар низоми бозорӣ нишон медиҳад, ки ба он параметрҳои сифатӣ ва миқдорӣ хос аст, ки аз шаклҳои ташкилию ҳуқуқӣ ва самаранокии фаъолияти соҳибкорӣ дар шаклҳои корхонаҳои миёна, калон ва муштарақ, корхонаҳои хурд ва соҳибкории инфиродӣ вобаста аст.

Мо дар таҳқиқоти илмӣ худ ба сифати мушаххасоти таъсирноки ба рушд нигронидашуда, ки онро «нуктаҳои институтсионалии рушд» гуфтан мукин аст, ба гурӯҳбандии бисёрсатҳии нишондиҳандаҳои асос ёфтааст, ки рушди сифатӣ ва миқдорӣ субъектҳои соҳибкориро тавсиф намоем. Ин равиш имкон медиҳад, ки самтҳои афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолие, ки метавонад вазифаи «қутбҳои институтсионалии рушд»-ро дар иқтисоди миллий иҷро кунанд, муайян карда шаванд ва ин метавонад ҳамчун локомотивҳои гузариши иқтисоди миллий ба модели саноатӣ-аграрӣ рушд баромад кунад. Ин омилҳо ба асос гирифта, бо мақсади ташкили низоми бозор, ташаккули иқтисоди рақамӣ ва «сабз» бояд, ки ин самтҳо ҳамчун объекти асосии дастгирии давлатӣ қабул карда шаванд.

Интихоби дурусти афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ метавонад омили асосии таъмини рушди баланди иқтисодии иқтисод ва баланд бардоштани ҳиссаи саноат дар сохтори ММД бошад.

Дар илми иқтисодии ватанӣ ба муайян кардани соҳибкории истеҳсолӣ ҳамчун «қутбҳои институтсионалии рушд» муносибати мушаххаси якхела вучуд надорад. Таҳлили корхонаҳои саноатии амалкунанда дар кишвар имкон медиҳад, ки гурӯҳи анъанавии субъектҳои соҳибкорӣ, ки дар адабиёти иқтисодӣ мавҷуданд, аз нуктаи назари арзёбии сатҳи рақобатпазирӣ онҳо пурра карда шаванд.

Дар Ҷумҳурии Тоҷикистон се чунин гурӯҳи соҳибкории истеҳсолиро новобаста аз шакли ташкилию ҳуқуқӣ ҷудо кардан мумкин аст:

- а) соҳибкоре, ки дар соҳаҳои анъанавии иқтисоди миллӣ машғуланд;
- б) соҳибкоре, ки барои худ аз ҳисоби фаъолият дар соҳаҳои иқтисоди миллӣ, ки ҷумҳурӣ дар захираҳои бартариҳои мутлақ дорад, афзалиятҳои муқоисавӣ ба вучуд меоранд;
- в) соҳибкоре, ки тавассути истифодаи технологияҳо ва воситаҳои инноватсионӣ барои худ бартариҳои рақобатӣ эҷод мекунанд.

Ягонагии аломатҳои функционалӣ ва соҳавии соҳибкории истеҳсолӣ имкон медиҳад, ки матритсаи гурӯҳбандии субъектҳои он барои интиҳоби афзалиятҳои рушди онҳо дар иқтисоди миллии Тоҷикистон сохта шавад (расми 1).



Расми 1. Матритсаи таснифи соҳибкории истеҳсолӣ барои муайян кардани афзалиятҳои рушди онҳо дар иқтисоди миллӣ

Сарчашма: таҳияи муаллиф

Дар квадранти 1 субъектҳои соҳибкории истеҳсолие қарор доранд, ки барои онҳо сатҳи баланди муҳимият барои иқтисоди миллӣ ва коэффитсиенти начандон баланди чандирӣ хос аст. Онҳо дар иқтисоди миллии ҷумҳурӣ ҷойгоҳи муайянеро доранд, аммо сатҳи баланди рақобатпазириро надоранд ва маҳсулоти истеҳсолкардаи онҳо, асосан, дар марҳилаи гузариши «давраи ҳаётии маҳсулот» аз камолот ба таназзул қарор дорад.

Дар квадранти 2 субъектҳои соҳибкории истеҳсолие қарор доранд, ки тавассути истифодаи бартариҳои мутлақ ва муқоисавӣ ба сатҳи нисбатан баланди рақобатпазирӣ ноил мешаванд ва маҳсулоти истеҳсолкардаи онҳо асосан дар марҳилаҳои «давраи ҳаётии маҳсулот» ё камолот ё таназзул вобаста ба вазъи бозори ҷаҳонӣ қарор доранд.

Дар квадранти 3 субъектҳои соҳибкории истеҳсолие, қарор доранд, ки дар иқтисоди миллӣ аҳамияти баланди потенциалии худро аз ҳисоби суръати афзояндаи таъсиси арзиши умумии иловашуда нишон медиҳад ва маҳсулоти истеҳсолкардаи онҳо, асосан, дар марҳилаи камолоти «давраи ҳаётии маҳсулот» қарор дорад.

Дар квадранти 4 субъектҳои соҳибкории истеҳсолие қарор доранд, ки талоши онҳо ҳамеша ба бартариҳои рақобат нигаронида шуда, ҳаракат менамоянд, ки тавассути равона кардани раванди истеҳсолӣ ба тамоюли тренди муосири технологӣ - иқтисоди рақамӣ ва “сабз”

ноил шаванд. Маҳсулоти истеҳсолкардаи онҳо асосан дар марҳилаҳои муқаддима ё афзоиш дар «давраи ҳаётии маҳсулот» ҷойгир аст.

Тавре, ки дар боло қайд гардид, вобаста ба иқтисоди миллии Ҷумҳурии Тоҷикистон методологияи интиҳоби афзалиятҳои рушди соҳибкории истеҳсолӣ бояд ба назарияи иқтисодии захираҳо, назарияи бартарии рақобат, назарияи инноватсионӣ ва ниҳоят назарияи рушди устувор таъна ва асоснок карда шавад.

Таҳқиқоти олимони ватанӣ нишон медиҳад, ки дар иқтисодиёти Тоҷикистон барои рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар заминаи саноатикунони босуръат имкониятҳои назаррас мавҷуданд.

Масалан, саноати кӯҳӣ дурнамои хуб дорад, зеро дар бозори ҷаҳонӣ талабот ба як қатор захираҳои минералии кишвар зиёд аст. Рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар соҳаи истихроҷи мис, нуқра, тилло, ашёи хоми фосфат ва як қатор минералҳои дигар дурнамои хуб дорад. Имрӯз аллакай таваҷҷӯҳи зиёди сармоягузори чинӣ ба лоиҳаҳои соҳибкорӣ дар ин соҳаҳо вуҷуд дорад.

Аз нуқтаи назари тамоюлҳои талаботи ҷаҳонӣ, истеҳсоли алюминий, мис, нуқра ва тилло барои рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар кишвари мо потенциали бештар дорад. Ҳамин тавр, масалан, тавре ки дар робита ба таҷрибаи Ўзбекистон қайд карда шуда буд, маҳаллисозии истеҳсоли панелҳои офтобӣ ва мошинҳои барқӣ дар ҷумҳурӣ талаботи дохилиро ҳам ба алюминий ва ҳам ба мис афзоиш медиҳад. Тибқи пешгӯиҳои байналмилалӣ, дар ояндаи наздик афзоиши баланди талабот ба истифодаи алюминий дар истеҳсолоти электротехникӣ, барои истеҳсоли маҳсулоти хонагӣ, дар истеҳсоли мошинҳои барқӣ, дар соҳаҳои муҳофизат ва аэрокосмос мушоҳида карда мешавад. Мавҷудияти конҳои фосфат ва графит дар ҷумҳурӣ метавонад асоси рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар соҳаи истеҳсоли аккумуляторҳо барои нақлиёти барқӣ гардад.

Бояд қайд кард, ки истеҳсолоти даромадноктарин дар бозори муосир соҳаи рағғани эфирӣ ба ҳисоб меравад. Масалан, аз охири солҳои 70-уми асри XX истеҳсоли ҷаҳонии рағғанҳои эфирӣ аз 50 ҳазор тонна то 250 ҳазор тонна дар як сол афзоиш ёфт. Тавре, ки маълум аст, Ҷумҳурии Тоҷикистон тақрибан 40 фоизи рағғани эфирии геранийро, ки дар Иттиҳоди Ҷумҳуриҳои Шуравии Сотсиалистӣ истеҳсол мешуд, истеҳсол мекард. Рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар самти эҳёи истеҳсоли рағғани эфирии гераний ба талаботи квадранти 2 бо потенциали гузариш ба квадранти 4 ҷавобгӯ аст ва дар ҷумҳурӣ дурнамои калон дорад, аз ин рӯ он дар саноати парфюмерӣ, косметологӣ, фармакологӣ ва ҳуҷровӣ васеъ истифода мешавад.

Рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар саноати сабуки кишвари мо низ бартарии анъанавӣ дорад, зеро он ба коркарди ашёи хоми маҳаллӣ, ба монанди пахта, абрешим, ашёи хоми пӯст асос ёфтааст. Дар ҷумҳурӣ қувваи қудрати арзон ва анъанаҳои миллии истеҳсолот мавҷуданд. Квадранти 2 расми 2.1. нишон медиҳад, ки саноати сабук барои рушди соҳибкории истеҳсолӣ потенциали бештар дорад. Аммо, бо сармоягузориҳои иловагӣ ва таҷҳизоти техникӣ тибқи талаботи муосир, соҳибкорӣ дар ин квадрант ба квадрантҳои 3 ва 4 мегузарад, ки дар он ҷо самти асосӣ бояд таъкили кластерҳо дар асоси истеҳсоли трикотажӣ ва дӯзандагӣ бошад. Дар диссертатсия қайд карда мешавад, ки намунаи рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар ҷумҳурӣ ҚСҚ «Ҷунтай-Данғара Син Силу Текстил» мебошад, ки дар он дар асоси сармоягузориҳои чинӣ истеҳсоли пурраи кластерӣ таъкил карда шудааст.

Дар баробари ин, бояд қайд кард, ки истеҳсоли пурраи кластерӣ дар асоси усули анъанавӣ метавонад омилҳои боздоштани рушди соҳибкории истеҳсолӣ дар доираи квадранти 2 бошад. Ба андешаи мо, дар ҷумҳурӣ таъкили дода мешавад, ки рушди соҳибкорӣ дар парвариш

ва коркарди навъҳои арзишманди нахи пахта, ки дар ҷаҳон талабот ба онҳо пайваста баланд аст, ҳавасманд карда шавад. Ҳанӯз дар давраи иттиҳоди шӯравӣ Тоҷикистон ҷумҳурии пешрафтаи парвариши пахтаи нахдор буд ва аз рӯи ҳосилнокии пахтаи нахдор дар ҷаҳон дар ҷойи аввал буд. Мутаассифона, имрӯз ҷамъовариҳои ин навъи нахи пахта дар ҷумҳурӣ солона аз 400 тонна зиёд нест. Ҳавасмандгардонии соҳибкорӣ дар ин самт имкон медиҳад, ки шумораи корхонаҳо дар ҷумҳурӣ, ки ба талаботи квадранти 4 ҷавобгӯ хоҳанд буд, зиёд карда шавад.

Дар маҷмӯъ бояд қайд кард, ки таснифоти субъектҳои соҳибкории истеҳсоли мутабиқи талаботи матритсаи расми 1. метавонад барои интихоби ҷорабиниҳо дар доираи стратегияҳо ва барномаҳои давлатӣ барои ноил шудан ба ҳадафҳои миллии рушди кишвар тавассути ҳавасмандгардонии субъектҳои соҳибкорӣ ҳамчун «нуқтаҳои институтсионалии рушд»-и иқтисоди миллии истифода шавад.

Адабиёт:

1. Паёми Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон «Дар бораи самтҳои асосии сиёсати дохилӣ ва хориҷии ҷумҳурӣ», соли 2024, <http://www.president.tj>
2. Саидмуродов Л. Х. (Саидмуродзода Л.Х) Республика Таджикистан в системе современных мирохозяйственных связей: модель малой открытой экономики [Текст] / Л. Х. Саидмуродов. – Душанбе : Дониш, 2021. – 414 с.
3. Суханронии Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон мухтарам Эмомалӣ Раҳмон дар вохӯрӣ бо зиёиёни кишвар. 19.03.1997.

Муқарриз: н.и.и., н.в. профессор Тошматов М.Н.
Донишгоҳи технологияи Тоҷикистон

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА ПРИОРИТЕТОВ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКЕ

За последние два десятилетия предпринимательство стало одним из наиболее популярных видов экономической деятельности и считается главной движущей силой развития национальной экономики. Кроме того, в силу структурных особенностей деловой среды, особое внимание и приоритеты уделяется деятельности производственного предпринимательства. В этой связи основные механизмы формирования и развития предпринимательства и поддержки его приоритетных направлений имеют институциональный характер, в котором важна и необходима деятельность заинтересованных групп и структур. Поэтому в данной статье мы рассмотрели наиболее важные аспекты развития производственного предпринимательства с методологической точки зрения и обсудили ряд важных вопросов. Кроме того, мы рассмотрели классификационную матрицу производственного предпринимательства для определения приоритетов его развития в национальной экономике и достигли значительных результатов.

За последние два десятилетия предпринимательство стало одним из наиболее популярных видов экономической деятельности и считается главной движущей силой развития национальной экономики.

Ключевые слова: Развитие приоритетных направлений, промышленное предпринимательство, развитие национальной экономики, деловая среда, предпринимательская деятельность, стимулирование хозяйствующих субъектов.

A METHODOLOGY FOR SELECTING PRIORITIES FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL ENTREPRENEURSHIP IN THE NATIONAL ECONOMY

Over the past two decades, entrepreneurship has become one of the most popular types of economic activity and is considered the main driving force behind national economic development. Furthermore, due to the structural characteristics of the business environment, particular attention and priority are given to industrial entrepreneurship. Therefore, the main mechanisms for the formation and development of entrepreneurship and support for its priority areas are institutional in nature, where the activities of stakeholder groups and structures are essential and necessary. Therefore, in this article, we examined the most important aspects of industrial entrepreneurship development from a methodological perspective and discussed a number of key issues. Furthermore, we examined a classification matrix of industrial entrepreneurship to determine its development priorities in the national economy, achieving significant results.

Over the past two decades, entrepreneurship has become one of the most popular types of economic activity and is considered the main driving force behind national economic development.

Keywords: Development of priority areas, industrial entrepreneurship, national economic development, business environment, entrepreneurial activity, incentives for business entities.

Маълумот дар бораи муаллиф:

Субҳонзода Икром Субҳон – номзоди илмҳои иқтисодӣ, дотсенти кафедраи фаъолияти бонкии Донишгоҳи давлатии молия ва иқтисодии Тоҷикистон. e-Mail: isubhonzoda@yandex.tj. ORCID: 0009-0005-5582-7253.

Сведения об авторе:

Субҳонзода Икром Субҳон – кандидат экономических наук, доцент кафедры банковского дела Таджикского государственного финансово-экономического университета. e-Mail: isubhonzoda@yandex.tj. ORCID: 0009-0005-5582-7253.

Information about the author:

Subhonzoda Ikrom Sukhon – candidate of economic sciences, associate professor of the department of banking, Tajik State University of Finance and Economics. e-Mail: isubhonzoda@yandex.tj. ORCID: 0009-0005-5582-7253.



УДК 338.2(575.3)

ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТАДЖИКИСТАНА

Холдоров М.Х.

Министерство промышленности и новых технологий

В статье рассматриваются институциональные основы и приоритетные направления государственной политики устойчивого развития Республики Таджикистан. Анализируются действующие программы и стратегии устойчивого развития, в том числе их соответствие

современным социально-экономическим и экологическим вызовам. Особое внимание уделяется механизмам вовлечения общества в процессы принятия решений, эффективности земельной политики и городского планирования, рациональному использованию природных ресурсов и влиянию городской инфраструктуры на качество жизни населения. Рассматривается значение взаимодействия государственных органов, частного сектора и гражданского общества в формировании эффективной системы управления устойчивым развитием.

На основе проведенного анализа выявлены основные проблемы, связанные с недостаточной координацией государственных институтов, ограниченным участием населения и неэффективным использованием ресурсов. Предложены рекомендации по совершенствованию государственной политики, развитию механизмов общественного участия, интегрированному управлению природными ресурсами, совершенствованию городского планирования и усилению аналитической базы принятия государственных решений.

Ключевые слова: устойчивое развитие, государственная политика, институциональные основы, Таджикистан, Цели устойчивого развития, общественное участие, природные ресурсы, земельная политика, городское планирование, городская инфраструктура, качество жизни, государственное управление.

Таджикистан, как страна с богатым культурным наследием и уникальными природными ресурсами, сталкивается с множеством вызовов в контексте устойчивого развития. В последние десятилетия вопросы устойчивого развития стали особенно актуальными, учитывая глобальные изменения климата, экономические кризисы и социальные проблемы, которые требуют комплексного подхода к управлению ресурсами и вовлечению общества в процессы принятия решений. Институциональные основы государственной политики устойчивого развития Таджикистана играют ключевую роль в формировании эффективных механизмов, способствующих гармоничному развитию страны.

Актуальность данной работы обусловлена недостаточной эффективностью существующих институциональных механизмов, а также низким уровнем вовлечения общества в процессы устойчивого развития. В условиях, когда устойчивое развитие становится неотъемлемой частью глобальной повестки дня, Таджикистану необходимо адаптировать свои стратегии и программы, чтобы обеспечить равномерное развитие всех регионов, улучшить качество жизни населения и эффективно использовать природные ресурсы. В этом контексте исследование институциональных основ и приоритетов государственной политики устойчивого развития становится особенно важным.

В рамках данной работы будут освещены несколько ключевых тем. Будет проведен анализ существующих программ устойчивого развития в Таджикистане, что позволит выявить их сильные и слабые стороны, а также определить, насколько они соответствуют современным вызовам и требованиям. Особое внимание будет уделено механизмам вовлечения общества в процессы устойчивого развития, поскольку активное участие граждан является залогом успешной реализации любых инициатив.

Третьим важным аспектом исследования станет оценка эффективности текущей земельной политики и городского планирования. В условиях стремительной урбанизации и роста населения необходимо разработать стратегии, которые обеспечат устойчивое развитие городов и улучшение жилищно-коммунального хозяйства. Четвертым пунктом работы станет оптимизация природных ресурсов для устойчивого развития, что включает в себя анализ существующих практик и выработку рекомендаций по их улучшению.

Качество жизни в контексте городской инфраструктуры также будет рассмотрено в рамках исследования. Устойчивое развитие невозможно без создания комфортной и безопасной городской среды, что требует комплексного подхода к планированию и управлению. Синергия между эффективным управлением и обществом станет еще одной важной темой, поскольку именно взаимодействие различных заинтересованных сторон может привести к более устойчивым и долгосрочным результатам.

В заключение, работа предложит рекомендации по улучшению государственной политики в области устойчивого развития, что позволит Таджикистану не только справиться с текущими вызовами, но и заложить основы для устойчивого и гармоничного развития в будущем. Таким образом, данное исследование направлено на создание целостного представления о состоянии и перспективах устойчивого развития в Таджикистане, что имеет важное значение как для научного сообщества, так и для практиков в области государственной политики.

Анализ существующих программ устойчивого развития в Таджикистане

Для понимания текущего состояния государственной политики в сфере устойчивого развития необходимо проанализировать существующие программы, инициированные правительством Таджикистана и другими институтами. Одной из ключевых инициатив является Национальная стратегия развития Республики Таджикистан до 2030 года (НСР-2030), которая полностью соответствует Целям устойчивого развития (ЦУР) ООН и направлена на интеграцию социальных, экономических и экологических аспектов. Основное внимание уделяется повышению уровня жизни и благосостояния населения, что расширяет возможности для более сбалансированного и устойчивого развития государства. Приоритетными направлениями НСР-2030 являются разработка государственной политики и финансирование устойчивого развития, хотя последние часто не удовлетворяют существующие потребности, что подчеркивает уязвимость Таджикистана.

Еще одним важным аспектом является реализация программ в области устойчивого сельского хозяйства и продовольственной безопасности, что, в конечном итоге, способствует долгосрочному развитию и улучшению качества жизни. Эти программы налагают обязанности на правительство в области создания механизмов для мобилизации ресурсов и поддержки местных сообществ. К сожалению, недостатки в финансировании и инвестициях ограничивают возможности для осуществления всех запланированных инициатив на практике.

К числу проблем можно отнести и отсутствие четкой координации между разными министерствами и ведомствами, что мешает эффективной реализации программ. Важно отметить, что вовлечение общественности в процессы устойчивого развития выступает катализатором для успешного осуществления стратегий, однако оно пока остается недостаточным. Даже несмотря на высокий уровень обсуждения устойчивого развития на международной арене, многие граждане остаются неосведомленными о механизмах и целях государственной политики в данной сфере.

Таким образом, эффективные программы требуют дальнейшего анализа с точки зрения вовлечения общества, чтобы улучшить их результаты и максимально использовать имеющиеся ресурсы для достижения устойчивого развития в Таджикистане.

Механизмы вовлечения общества в процессы устойчивого развития

Эффективность государственных инициатив во многом зависит от активного вовлечения общества в процессы устойчивого развития. Общественное мнение и участие граждан становятся важными факторами, способствующими формированию устойчивой политики. В

Таджикистане это достигается через различные механизмы взаимодействия между государственными институтами и населением, которые способствуют лучшему пониманию потребностей последнего и отражают их интересы в государственных программах.

Одним из ключевых направлений является создание платформ для диалога и консультаций между государственными органами и населением. Участие граждан в принятии решений на всех уровнях, от местного самоуправления до национальных инициатив, позволяет повысить прозрачность и поддерживает доверие к властям. Например, активное вовлечение общества в обсуждение Национальной стратегии развития на период до 2030 года демонстрирует, как важно учитывать мнения граждан, чтобы достичь поставленных целей устойчивого развития. Форумы, такие как "Душанбе Инвест – 2025", способствуют не только привлечению инвестиций, но и созданию пространства для обсуждения экологически безопасных методов ведения бизнеса, что является важным шагом на пути к устойчивому развитию. Здесь также подчеркивается необходимость внедрения "зелёных" инициатив, что может стимулировать общественное участие в таких проектах. Правительство организует такие мероприятия для повышения осведомленности населения о важности устойчивого развития и возможностях, которые оно предоставляет. Кроме того, Таджикистан активно развивает механизмы правового просвещения, что позволяет гражданам лучше ориентироваться в законодательных инициативах и участвовать в их формировании. Это создает условия для более полного вовлечения населения в процессы управления и реализации государственных программ. Например, инициатива по проведению Международного года правового просвещения была направлена на укрепление правовых основ и активизацию общественного участия в стратегии устойчивого развития. Участие общества не только улучшает качество принимаемых решений, но и усиливает социальную сплоченность. Это также важно для достижения Целей устойчивого развития (ЦУР), которые ориентированы на ликвидацию бедности и улучшение благосостояния граждан. Привлечение местного населения к программам устойчивого развития позволяет более эффективно решать социальные, экологические и экономические проблемы, стоящие перед страной. Таким образом, развитие механизмов вовлечения является критически важным для успешного внедрения государственной политики устойчивого развития.

Оценка эффективности земельной политики и городского планирования

Земельная политика и городское планирование в Таджикистане определяют не только структуру местности, но и становятся основой устойчивого развития населенных пунктов. Применение современных подходов к градостроительству необходимо для соответствия требованиям высокой плотности населения и звания "умного города". Одним из главных документов, регулирующих земельные отношения, является Земельный кодекс, который предполагает эффективное управление правами собственности на землю и недвижимость. Также следует упомянуть о Градостроительном кодексе, в рамках которого формируются принципы градостроительного развития, спроектированные для реализации до 2040 года, с увеличением территории Душанбе до 30 тысяч гектаров. Планирование развития инфраструктуры и жилищного строительства должно учитывать не только непосредственные потребности граждан, но и аспекты, влияющие на экологическую обстановку. Учитывая информацию о том, что большая часть населения страны проживает в предгорьях и долинах, градостроительная политика должна быть связана с принципами экосистемного подхода, учитывающего влияние на водные ресурсы и окрестные экосистемы. Современные тенденции урбанизации требуют создания комфортной городской среды, где основные требования к новым застройкам включают не только архитектурные, но и функциональные аспекты.

В контексте анализа правовых норм и градостроительных практик на первый план выходит необходимость создания инфраструктуры, которая способствовала бы взаимодействию всех слоев населения и минимизировала бы негативное воздействие на природу. Прошедшая трансформация города Душанбе, в частности, подчеркивает, как исторические изменения архитектурного стиля могут влиять на качество жизни и удобство проживания. Исторический анализ показывает, что данные тренды следует учитывать для дальнейшего развития столицы с заданными экологическими и социальными приоритетами.

Каждый этап планирования должен основываться на тщательных исследованиях и анализе оборудования, устойчивом к климатическим изменениям и выдерживающем нагрузку растущего населения. Это подчеркивает необходимость пересмотра подходов к управлению земельными ресурсами.

Оптимизация природных ресурсов для устойчивого развития

Устойчивость природных ресурсов является ключевым фактором для обеспечения социально-экономического благополучия Таджикистана. Эффективное использование богатых минеральных и водных ресурсов страны необходимо для достижения целей устойчивого развития. Нарастающее давление на природу, вызванное изменениями климата и увеличением населения, требует новых подходов и мер по оптимизации управления ресурсами, особенно в сельских регионах, где это может существенно снизить уровень бедности и повысить качество жизни.

Состояние водных ресурсов является особенно важным для Таджикистана, где 98% электроэнергии производится из гидроэнергетических источников. Министерство энергетики и водных ресурсов, созданное в 2013 году, должно гарантировать, что управление этими ресурсами будет учитывать как потребности населения, так и требование к устойчивому развитию. Эффективная политика в этой области может значительно уменьшить уязвимость страны к климатическим изменениям и улучшить аллокацию ресурсов для сельского хозяйства.

Партнёрство с международными организациями, такими как АКДН, стало важным инструментом в реализации программ по улучшению состояния орошаемых земель, что критично для увеличения продуктивности сельского хозяйства в условиях недостатка воды. Ожидается, что такие инициативы позволят оптимизировать водопользование и улучшить доступ к воде для населения. Однако, успех этих проектов зависит от координации действий на всех уровнях, начиная от местного самоуправления и заканчивая государственными структурами.

Горная промышленность Таджикистана расширяется, и с 2013 года акцент делается на интенсификацию геологоразведочных работ для выявления новых месторождений различных полезных ископаемых, включая редкоземельные элементы. Это направление согласуется с стратегией перехода к индустриально-аграрной экономике, где горные разработки могут существенно способствовать экономическому росту. Принятое правительством решение о развитии этой отрасли направлено на создание новых рабочих мест и улучшение экономической ситуации в стране. Однако необходимо учитывать и экологические последствия увеличенной добычи минеральных ресурсов. Управление природными ресурсами должно предусматривать механизмы, способствующие сохранению экосистем и обеспечению устойчивого использования. Программа, разработанная Комитетом охраны окружающей среды, призвана не только обеспечить выполнение международных конвенций, но и улучшить состояние окружающей среды в Таджикистане. В этом контексте критическим аспектом

остаётся необходимость интеграции экологической информации в практику управления ресурсами. Обеспечение устойчивого развития требует внедрения новых технологий и практик, которые помогут минимизировать негативное влияние на природу. Например, системы управления водопользованием должны учитывать особенности климатических условий и потребности будущих поколений. Развитие локальных инициатив по восстановлению экосистем и поддержке биоразнообразия также станет важным аспектом в формировании устойчивой политики использования природных ресурсов.

Таким образом, для достижения целей устойчивого развития Таджикистана необходимо оптимизировать существующие подходы к управлению природными ресурсами. Это требует активного вовлечения общества и новых стратегий, направленных на поддержку как экономического роста, так и охраны окружающей среды.

Качество жизни в контексте городской инфраструктуры

Качество городской инфраструктуры напрямую влияет на уровень жизни. В Таджикистане текущие условия городского планирования и инфраструктурные услуги требуют системных преобразований для повышения благосостояния населения. Одним из главных аспектов является доступность жилья. В условиях растущего населения и урбанизации спрос на квартиры и дома в городах увеличивается, что приводит к росту цен на недвижимость и доступности жилья. Этот фактор значительно сказывается на качестве жизни, особенно для малообеспеченных групп населения, которые сталкиваются с трудностями в поиске подходящего жилья.

Транспортная сеть также влияет на качество жизни в городах Таджикистана, особенно в столице Душанбе. Проблемы с общественным транспортом и недостаточная развитость дорожной инфраструктуры затрудняют передвижение жителей, создавая не только физические, но и временные барьеры для доступа к услугам и работе. В условиях плохого транспортного обслуживания жители вынуждены тратить больше времени на передвижение, что создает дополнительные стрессы и негативно сказывается на уровне качества жизни.

Инженерная инфраструктура также играет важную роль в поддержании высокого уровня жизни. Необходимость в современном водоснабжении и системах утилизации отходов в Таджикистане становится все более актуальной задачей. Показатели распространенности немонетарной бедности указывают на сложности, с которыми сталкиваются люди, имея ограниченный доступ к жизненно необходимым коммунальным услугам и ресурсам. Такие условия значительно ограничивают возможности для улучшения качества жизни и требуют привлечения инвестиций в социальную и инженерную инфраструктуру.

Комплексный подход к развитию городской инфраструктуры может оказать существенное влияние на борьбу с бедностью и улучшение социальных условий. Стратегия государственных реформ должна включать не только планы по расширению доступности жилья, но и улучшение транспортной сети и создание эффективной инженерной инфраструктуры. Реформа в этих областях создает базу для устойчивого развития, поскольку эффективно увеличивает доступ населения к основным услугам и ресурсам, необходимым для жизни и работы.

Обеспечение адекватной и безопасной городской среды является ключевым условием для устойчивого развития Таджикистана. Государственные инициативы, направленные на улучшение качества жизни через модернизацию городской инфраструктуры и предоставление необходимых инфраструктурных услуг, играют важную роль в осознании концепции устойчивого развития. Таким образом, улучшение городской инфраструктуры является важнейшим элементом государственной стратегии.

Синергия между эффективным управлением и обществом

Синергия между различными уровнями управления может значительно повысить эффективность процессов устойчивого развития в Таджикистане. Грамотное распределение ресурсов и вовлечение общества в управление проектами обеспечивают более устойчивые результаты. Эффективное управление природными ресурсами, включая воду и землю, становится основным аспектом государственной политики. В этом контексте важность «зелёной» дипломатии нельзя недооценивать. Она не только помогает решать экологические проблемы, но и создает благоприятные условия для устойчивого экономического роста и сокращения уровня бедности.

Примером успешной интеграции управления ресурсами и активного участия общественности служит инициатива RESILAND, направленная на восстановление ландшафтов в Центральной Азии. Создание платформы для обмена знаниями и совместной работы между странами региона позволяет осуществлять двусторонний диалог и находить комплексные решения общих проблем. Такие мероприятия способствуют вовлечению местных сообществ и повышению их ответственности за охрану окружающей среды.

Под руководством Лидера нации Эмомали Рахмона осуществляются шаги по привлечению международной внимания и инвестиций в проекты устойчивого развития, как например, Международный инвестиционный форум «Душанбе Инвест – 2025». Эти инициативы показывают, что Таджикистан стремится к укреплению своей роли как ключевого игрока в управлении водными ресурсами региона и более широком круге вопросов экологии. Направления внимания государства, такие как снижение уровней бедности и обеспечение продовольственной безопасности, уже прописаны в концепции перехода к устойчивому развитию, что важно для создания обязательств перед будущими поколениями.

Система ESG (экология, социальная политика и управление) становится интегральной частью государственной и корпоративной политики. Совместная работа государственных и частных структур, а также общественных организаций становится важным шагом на пути к более устойчивому обществу. Общественность, став активным участником этих процессов, способствует формированию экологически ориентированной политики, что, в свою очередь, усиливает обязательства страны по достижению целей устойчивого развития. Синергия управления и активного участия общества также усиливает информированность населения о проблемах охраны окружающей среды, что критически важно для долгосрочных успехов устойчивого развития. Это требует комплексного подхода к выработке государственной политики.

Рекомендации по улучшению государственной политики

На основе проведенного анализа можно выделить несколько ключевых направлений для оптимизации государственной политики в области устойчивого развития Таджикистана. Прежде всего, следует сосредоточиться на усилении взаимосвязи между выполнением НСР-2030 и местными инициативами. Программа среднесрочного развития на 2021-2025 годы должна стать основой для практической реализации положений НСР-2030, направленных на снижение бедности и развитие инфраструктуры. Это включает пересмотр текущих программ с чувством локального контекста, чтобы обеспечить их актуальность и эффективность. Во-вторых, разработка и внедрение новых подходов к управлению ресурсами потребуются для повышения эффекта от использования природных богатств страны. Оптимизация таких процессов позволит не только улучшить экономическую ситуацию, но и сохранить экологическую устойчивость. В этой связи актуальной становится необходимость создания

интегрированных систем учета ресурсов, что поможет избежать неправильного и неэффективного распределения ресурсов.

Градостроительство также требует внимания. Устойчивое развитие городов можно достигнуть через внедрение комплексного планирования, которое помимо экономических, должно учитывать экологические и социальные аспекты. Это поможет создать комфортные условия для жизни, где качество городской инфраструктуры будет соответствовать социальным потребностям населения.

Важным направлением является вовлечение общественности в процессы принятия решений. Понимание местных потребностей и мнений может значительно повысить качество разрабатываемых проектов и программ. Для этого необходимо развить платформы участия для граждан, включая общественные обсуждения и консультации, что позволит людям влиять на политику и ее реализацию.

Не менее важным является усиление аналитических структур. Установление устойчивых научных основ позволит не только проводить необходимый анализ текущей ситуации, но и разрабатывать прогнозы, что, в свою очередь, создаст условия для более обоснованных решений. Подготовка кадров, способных работать с данными и проводить комплексные исследования, также должна быть в центре внимания.

Эти рекомендации направлены на формирование более устойчивой системы управления в стране.

Заключение

В заключение данной работы можно отметить, что исследование институциональных основ и приоритетов государственной политики устойчивого развития Таджикистана выявило ряд ключевых аспектов, требующих внимания и дальнейшего развития. Прежде всего, анализ существующих программ устойчивого развития показал, что, несмотря на наличие множества инициатив, их реализация часто сталкивается с проблемами недостаточной координации между различными государственными органами и отсутствием четкой стратегии, что приводит к фрагментации усилий и снижению общей эффективности. Это подчеркивает необходимость создания интегрированной системы управления, которая бы обеспечивала согласованность действий всех участников процесса.

Важным аспектом является вовлечение общества в процессы устойчивого развития. Исследование показало, что на сегодняшний день уровень участия граждан в принятии решений остается низким. Это связано как с недостаточной информированностью населения о существующих инициативах, так и с отсутствием механизмов, позволяющих гражданам активно участвовать в формировании государственной политики. Для повышения уровня вовлеченности необходимо разработать и внедрить программы по повышению осведомленности населения, а также создать платформы для диалога между государством и обществом.

Оценка эффективности земельной политики и городского планирования также выявила ряд проблем. В частности, существующие подходы к управлению земельными ресурсами не всегда учитывают интересы местных сообществ и экологические аспекты, что может приводить к ухудшению качества жизни населения. Важно, чтобы земельная политика была направлена не только на экономическое развитие, но и на создание комфортной городской среды, что требует комплексного подхода к планированию и использованию ресурсов.

Оптимизация природных ресурсов для устойчивого развития является еще одной ключевой задачей. Таджикистан обладает значительными природными ресурсами, однако их

использование часто происходит неэффективно. Необходима разработка стратегий, направленных на рациональное использование ресурсов, что позволит не только улучшить экономические показатели, но и сохранить экологическое равновесие.

Качество жизни в контексте городской инфраструктуры также требует особого внимания. Развитие инфраструктуры должно быть сбалансированным и учитывать потребности различных групп населения. Это включает в себя создание доступного жилья, развитие транспортной сети и обеспечение качественных коммунальных услуг. Важно, чтобы городское планирование основывалось на принципах устойчивого развития и учитывало долгосрочные перспективы.

Синергия между эффективным управлением и обществом является необходимым условием для достижения устойчивого развития. Взаимодействие между государственными органами, частным сектором и гражданским обществом должно быть основано на принципах партнерства и взаимного уважения. Это позволит создать более устойчивую и адаптивную систему управления, способную реагировать на вызовы времени.

В заключение, разработанные рекомендации по улучшению государственной политики в области устойчивого развития Таджикистана должны быть направлены на создание интегрированной системы управления, повышение уровня вовлеченности общества, оптимизацию использования природных ресурсов и улучшение качества городской инфраструктуры. Только комплексный подход к решению этих задач позволит достичь устойчивого развития и улучшить качество жизни населения страны.

Литература:

1. Folie 1. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://www.unescap.org/sites/default/files/session4_tajikistan_sdg_indicators_russian.pdf, свободный. - Загл. с экрана
2. Microsoft Word - НСР-2030_к печати_рус_29.3 [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://energonadzor.tj/uploads/files/national_development_strategy-2030_ru.pdf
3. Sustainable Development Goals | United Nations in Tajikistan [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://tajikistan.un.org/en/sdgs>
4. Town-planning code of the Republic of Tajikistan [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://cis-legislation.com/document.fwx?rgn=57944>
5. Восстановление устойчивого ландшафта в Республике ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.carececo.org/main/activity/projects/resiland-tj>
6. Градостроительные вопросы совершенствования структуры ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://unece.org/dam/hlm/projects/unda-9th_tranche/documents/tajikistan/2017_may/06_akbarov.pdf
7. Душанбе Инвест – 2025: Таджикистан как центр устойчивого ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://caravan-info.pro/dushanbe-invest-2025-tadzhikistan-kak-centr-ustojchivogo-razvitija-i-zeljonyh-investicij>
8. Земельный кодекс республики Таджикистан [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://ecosugd.tj/ru/ekspertizaiekologi/11-dar-borai-abuli-kodeksi-zamini-um-urii-to-ikiston.html>
9. Комитет охраны окружающей среды при Правительстве ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://egov.tj/site/nature-tjk?lang=ru>
10. Много людей, мало ресурсов: ТОП-7 проблем регионов ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://asiaplustj.info/ru/news/tajikistan/economic/20250430/mnogo-lyudei-malo-resursov-top-7-problem-regionov-tadzhikistana>.

11. Национальная стратегия развития [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://khovar.tj/wp-content/uploads/2017/01/nsr-2030_russkij.pdf
12. Национальная стратегия развития Республики Таджикистан на ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.mfa.tj/ru/bishkek/view/4513/natsionalnaya-strategiya-razvitiya-respubliki-tadzhikistan-na-period-do-2030-goda>
13. Национальная стратегия развития Таджикистана ... | НИАТ "Ховар" [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://khovar.tj/rus/2025/09/natsionalnaya-strategiya-razvitiya-tadzhikistana-do-2030-goda-sozvuchna-tselyam-ustojchivogo-razvitiya>
14. Национальный Доклад [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://habitat3.org/wp-content/uploads/хабитатrus-v-format_tajikistan.pdf
15. Новый Генплан: каким будет Душанбе к 2025 году - 22.05.2017 ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://tj.sputniknews.ru/20170522/arhitektura-generalniy-plan-dushanbe-zastroyka-infrastruktura-1022379600.html>
16. Презентация PowerPoint [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://unece.org/sites/default/files/2021-10/геология_таджикистана
17. Природно - ресурсный [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-sborniksimplimpozium-2021.pdf>, свободный. - Загл. с экрана
18. Мухаббатова Х. Региональные особенности природно-ресурсного потенциала Таджикистана // Вестник педагогического университета (естественные науки). – 2022. – № 1(13). [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnye-osobennosti-prirodno-resursnogo-potentsiala-tadzhikistana> (дата обращения: 09.12.2024).
19. Роль Республики Таджикистан в реализации целей устойчивого ... [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://iutet.tj/роль-республики-таджикистан-в-реализ>

Рецензент: к.э.н., и.о. доцента Бойназарова М.М.

Технологический университет Таджикистана

АСОСҲОИ ИНСТИТУТСИОНАЛИИ СИЁСАТИ ДАВЛАТӢ БАРОИ РУШДИ УСТУВОРИ ТОҶИКИСТОН

Дар мақола асосҳои институтсионалӣ ва самтҳои афзалиятноки сиёсати давлатӣ барои рушди устувор дар Ҷумҳурии Тоҷикистон баррасӣ мешаванд. Дар он барномаҳо ва стратегияҳои рушди устувори кунунӣ, аз ҷумла мутобиқати онҳо бо мушкилоти муосири иҷтимоӣ ва иқтисодӣ ва экологӣ таҳлил карда мешаванд. Таваҷҷуҳи махсус ба механизмҳои иштироки ҷомеа дар қабули қарорҳо, самаранокии сиёсати истифодаи замин ва банақшагирии шаҳр, истифодаи оқилонаи захираҳои табиӣ ва таъсири инфрасохтори шаҳр ба сифати зиндагии аҳоли равона карда мешавад. Аҳамияти ҳамкориҳои байни мақомоти давлатӣ, бахши хусусӣ ва ҷомеаи шаҳрвандӣ дар таҳияи низомӣ самараноки идоракунии рушди устувор омӯхта мешавад.

Бар асоси таҳлил, мушкилоти асосии марбут ба ҳамоҳангсозии нокифояи муассисаҳои давлатӣ, иштироки маҳдуди ҷомеа ва истифодаи ғайрисамараноки захираҳо муайян карда мешаванд. Таъсири барои беҳтар кардани сиёсати давлатӣ, таҳияи механизмҳои иштироки ҷомеа, идоракунии ҳамгирошудаи захираҳои табиӣ, беҳтар кардани банақшагирии шаҳр ва таъминоти заминаи таҳлили барои қабули қарорҳои давлатӣ пешниҳод карда мешаванд.

Калидвожаҳо: рушди устувор, сиёсати давлатӣ, асосҳои институтсионалӣ, Тоҷикистон, ҳадафҳои рушди устувор, иштироки ҷомеа, захираҳои табиӣ, сиёсати истифодаи замин, банақшагирии шаҳр, инфрасохтори шаҳр, сифати зиндагӣ, идоракунии давлатӣ.

INSTITUTIONAL BASISES OF THE STATE POLICY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TAJIKISTAN

This article examines the institutional basises and priority areas of public policy for sustainable development in the Republic of Tajikistan. It analyzes current sustainable development programs and strategies, including their compliance with contemporary socio-economic and environmental challenges. Particular, attention is paid to mechanisms for public engagement in decision-making, the effectiveness of land policy and urban planning, the rational use of natural resources, and the impact of urban infrastructure on the population's quality of life. The importance of interaction between government agencies, the private sector, and civil society in developing an effective sustainable development management system is explored.

Based on the analysis, key problems associated with insufficient coordination of government institutions, limited public participation, and inefficient use of resources are identified. Recommendations are proposed for improving public policy, developing public participation mechanisms, integrated natural resource management, improving urban planning, and strengthening the analytical basis for public decision-making.

Keywords: sustainable development, public policy, institutional basises, Tajikistan, sustainable development goals, public participation, natural resources, land policy, urban planning, urban infrastructure, quality of life, public administration.

Маълумот дар бораи муаллифон:

Холдоров Мавлуд Холдорович – сармутахассиси раёсати иқтисод ва дурнамо, Вазорати саноат ва технологияҳои нави Ҷумҳурии Тоҷикистон. e-Mail: mavlud_kholdorov@mail.ru. ORCID: 0009-0007-8803-9899.

Сведения об авторах:

Холдоров Мавлуд Холдорович – главный специалист управления экономики и перспектив, Министерство промышленности и новых технологий Республика Таджикистан. e-Mail: mavlud_kholdorov@mail.ru. ORCID: 0009-0007-8803-9899.

Information about the authors:

Kholdorov Mavlud Kholdorovich – chief specialist of the department of economics and prospects, Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Tajikistan. e-Mail: mavlud_kholdorov@mail.ru. ORCID: 0009-0007-8803-9899.



Шуъбаи табъу нашри
Донишгоҳи технологии Тоҷикистон

Ба матбаа 21.08.2026 супорида шуд. Чопаш 24.08.2026 ба имзо расид.
Андозаи 62x84 1/16. Коғази офсетӣ. Чопи офсетӣ.
Хуруфи Times New Roman. Адади нашр 100 нусха.