

Research paper/Оригинальная статья

<https://doi.org/10.51176/1997-9967-2022-3-156-168>

МРПТИ 06.77.61

JEL: J26, 30, 45



Modeling of Basic Processes of Labor Market Functioning and Development: Methodological and Practical Aspects

Zhaxat B. Kenzhin^{1*}, Khanbibi U. Nursapina², Zhaukazyn Abzhanova³, Zhanat M. Bulakbay⁴, Tursynzada K. Kuangaliyeva⁵

¹*Academy of Physical Education and Mass Sport, Mangilik el ave., EXPO business center, block B., 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan*

²*West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan, 51 Zhangir Khan str., 090009, Uralsk, Kazakhstan*

³*Korkyt Ata Kyzylorda University, 29A Aiteke Bi str., 120700, Kyzylorda, Kazakhstan*

⁴*L.N. Gumilyov Eurasian National University, 11 Kazhymukan str., 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan*

⁵*Astana IT University, Mangilik el avenue, EXPO business center, block C.1, 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan*

Abstract

The development of the digital economy causes cardinal socio-economic shifts, including those in the field of labor relations. Therefore, the study of basic processes of functioning and development of the labor market is an urgent task. Research methods: generalization, comparison, analysis and synthesis, induction and deduction, structural-logical analysis, monographic method, statistical modeling methods, machine learning methods, neural network modeling, fuzzy logic. The purpose of the article is to develop a methodological approach to the study of basic processes of functioning and development of the labor market under the conditions of digitalization. The hypothesis of the study – the digitalization of the economy activates structural shifts in the labor market, which can cause imbalances that can be eliminated through the development of human potential. In the course of the study, it was found that the existing methods and tools in this area are not sufficient for diagnosing the labor market under the conditions of digitalization. The article proposes the author's methodology of analysis, based on two complex parameters: flexibility and social protection. Also, using the tools of fuzzy logic, an approach to assessing the level of social security and protection of the population was developed. The use of the approaches proposed in the article will make it possible to determine the specifics of the development of labor resources and the ongoing transformations in the structure of employment under the influence of modern technology and will also make it possible to substantiate measures of state regulation and support adequate to the challenges of our time.

Keywords: Digital Technologies, Labor Market, Employment, Social Protection, Regulation, Unemployment, Competence

For citation: Kenzhin, Z.B., Nursapina K.U., Abzhanova, Z., Bulakbay, Z.M., & Kuangaliyeva, T.K. (2022). Modeling of Basic Processes of Labor Market Functioning and Development: Methodological and Practical Aspects. *Economics: the Strategy and Practice*, 17(3), 156-168, <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2022-3-156-168>

* **Corresponding author: Kenzhin Z.B.** - PhD, acting associate professor, West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhangir Khan, 51 Zhangir Khan Str., 090009, Uralsk, Kazakhstan, 87471075390, e-mail: jaksat_22@mail.ru

Conflict of interests: the authors declare that there is no conflict of interest.

Financial support: The study was not sponsored (own resources).

The article received: 10.05.2022

The article approved for publication: 30.06.2022

Date of publication: 30.09.2022

Еңбек нарығының жұмыс істеуі мен дамуының негізгі процестерін модельдеу: әдіснамалық және практикалық аспектілер

Кенжин Ж.Б.^{1*}, Нурсапина К.У.², Абжанова Ж.³, Бұлақбай Ж.М.⁴, Куангалиева Т.К.⁵

¹Дене шынықтыру және бұқаралық спорт академиясы, Мәңгілік ел даңғылы, ЕХРО бизнес-орталығы, блок В., 090009, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

²Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Жәңгір хан 51, 090009, Орал, Қазақстан

³Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Әйтеке би 29 А, 120700, Қызылорда, Қазақстан

⁴Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қажымұқан 11, 010000, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

⁵ Astana IT University, Мәңгілік ел даңғылы, ЕХРО бизнес-орталығы, блок С.1., 090009, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Түйін

Цифрлық экономиканың дамуы, оның ішінде еңбек қатынастары саласындағы түбегейлі әлеуметтік-экономикалық өзгерістерді тудырады. Сондықтан еңбек нарығының жұмыс істеуі мен дамуының негізгі процестерін зерттеу өзекті міндет болып табылады. Зерттеу әдістері: жалпылау, салыстыру, талдау және синтездеу, индукция және шегеру, құрылымдық-логикалық талдау, монографиялық әдіс, статистикалық модельдеу әдістері, машиналық оқыту әдістері, нейрондық желілерді модельдеу, анық емес логика. Мақаланың мақсаты цифрландыру жағдайында еңбек нарығының жұмыс істеуі мен дамуының негізгі процестерін зерттеудің әдіснамалық тәсілін әзірлеу және оны Қазақстанның мысалында практикалық сынақтан өткізу. Зерттеу гипотезасы - экономиканы цифрландыру еңбек нарығындағы құрылымдық өзгерістерді белсендіреді, бұл теңгерімсіздіктерді тудыруы мүмкін, оларды мақсатты қаржыландыру арқылы адам әлеуетін дамыту арқылы жоюға болады. Зерттеу барысында цифрландыру жағдайында еңбек нарығын диагностикалау үшін осы салада қолданылатын әдістер мен құралдар жеткіліксіз екендігі анықталды. Мақалада автордың талдау әдістемесі ұсынылған, оның негізі екі күрделі параметр: икемділік және әлеуметтік қорғау. Сондай-ақ, анық емес логика құралдарын қолдана отырып, әлеуметтік қауіпсіздік пен халықтың қауіпсіздігін бағалау тәсілі жасалды. Мақалада ұсынылған тәсілдерді пайдалану еңбек ресурстарының даму ерекшеліктерін және қазіргі заманғы технологиялардың әсерінен жұмыспен қамту құрылымында болып жатқан өзгерістерді анықтауға мүмкіндік береді, сондай-ақ қазіргі заманның сын-қатерлеріне барабар мемлекеттік реттеу мен қолдау шараларын негіздеуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: цифрлық технологиялар, еңбек нарығы, жұмыспен қамту, әлеуметтік қорғау, реттеу, жұмыссыздық, құзыреттілік.

Дәйексөз үшін: Кенжин Ж.Б., Нурсапина К.У., Абжанова Ж., Бұлақбай Ж.М., Куангалиева Т.К. (2022). Еңбек нарығының жұмыс істеуі мен дамуының негізгі процестерін модельдеу: әдіснамалық және практикалық аспектілер. Экономика: стратегия және практика, 17(3), 156-168, <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2022-3-156-168>

* **Хат-хабаршы авторы:** Кенжин Ж.Б. – PhD, доцента м.а., Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Жәңгір хан 51, 090009, Орал, Қазақстан, 87471075390, e-mail: jaksat_22@mail.ru

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Қаржыландыру. Зерттеу демеушілік қолдау көрсеткен жоқ (меншікті ресурстар).

Мақала редакцияға түсті: 10.05.2022

Жариялау туралы шешім қабылданды: 30.06.2022

Жарияланды: 30.09.2022

Моделирование основных процессов функционирования и развития рынка труда: методологические и практические аспекты

Кенжин Ж.Б.^{1*}, Нурсапина К.У.², Абжанова Ж.³, Булакбай Ж.М.⁴, Куангалиева Т.К.⁵

¹Академия физической культуры и массового спорта, проспект Мәңгілік ел, бизнес-центр ЕХРО, блок В., 090009, Нур-Султан, Казахстан

²Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, ул. Жангир хана 51, 090009, Уральск, Казахстан

³Кызылординский университет имени Коркыт Ата, ул. Айтеке би 29 А, 120700, Кызылорда, Казахстан

⁴Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева., ул. Кажымукана 11, 010000, Нур-Султан, Казахстан,

⁵Astana IT University, проспект Мәңгілік ел, бизнес-центр ЕХРО, блок С.1, 090009, Нур-Султан, Казахстан

Аннотация

Развитие цифровой экономики вызывает кардинальные социально-экономические сдвиги, в том числе и в сфере трудовых отношений. Поэтому исследование основных процессов функционирования и развития рынка труда является актуальной задачей. Методы исследования: обобщение, сравнение, анализ и синтез, индукция и дедукция, структурно-логический анализ, монографический метод, методы статистического моделирования, методы машинного обучения, нейросетевое моделирование, нечеткая логика. Цель статьи разработать методологический подход к исследованию основных процессов функционирования и развития рынка труда в условиях цифровизации и провести его практическую апробацию на примере Казахстана. Гипотеза исследования – цифровизация экономики активизирует структурные сдвиги на рынке труда, что способно вызвать дисбалансы, которые могут быть устранены благодаря развитию человеческого потенциала, поддерживаемого целевым финансированием. В процессе исследования установлено, что для диагностики рынка труда в условиях цифровизации недостаточно существующих в этой области методов и инструментов. В статье предложена авторская методология анализа, основу которой составляют два комплексных параметра: гибкость и социальная защита. Также с использованием инструментария нечеткой логики разработан подход к оценке уровня социальной обеспеченности и защищенности населения. Использование предложенных в статье подходов позволит определить особенности развития трудовых ресурсов и происходящих преобразований в структуре занятости под влиянием современных технологий, а также даст возможность обосновать меры государственного регулирования и поддержки, адекватные вызовам современности.

Ключевые слова: цифровые технологии, рынок труда, занятость, социальная защита, регулирование, безработица, компетенция.

Для цитирования: Кенжин Ж.Б., Нурсапина К.У., Абжанова Ж., Булакбай Ж.М., Куангалиева Т.К. (2022). Моделирование основных процессов функционирования и развития рынка труда: методологические и практические аспекты. Экономика: стратегия и практика, 17(3), 157-169, <https://doi.org/10.51176/1997-9967-2022-3-157-169>

* **Корреспондирующий автор:** Кенжин Ж.Б. – PhD, и.о. доцента, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, ул. Жангир хана 51, 090009, Уральск, Казахстан, 87471075390, e-mail: jaksat_22@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки (собственные ресурсы).

Статья поступила в редакцию: 10.05.2022

Принято решение о публикации: 30.06.2022

Опубликовано: 30.09.2022

Введение

Экономика и общество постоянно меняются, одним из ключевых факторов этого изменения является цифровая трансформация. Цифровизация преобразовывает деловой ландшафт и мир труда, а также сдвигает границы производства, потребления и распределения. Кроме того, она создает огромные возможности, поскольку стимулирует появление новых продуктов, процессов и методов, но в тоже время влечет за собой и ряд беспрецедентных угроз (Kopina, 2021).

Смена технологического уклада создает новые формы и виды занятости, модели организации трудовой деятельности, трансформирует процесс и характер поиска и найма персонала, изменяет социально-трудовые отношения и способы взаимодействия между субъектами рынка труда (Ziru, 2021). В результате повышения уровня гибкости производства и индивидуализации товаров и услуг получают распространение нестандартные формы занятости. Например, удаленная занятость становится новым способом оптимизации бизнес-циклов и организации процесса труда.

В то же время, последние десятилетия характеризуются огромным ростом вычислительных мощностей, снижением затрат на автоматизацию так называемых рутинных задач, которые выполняются по четким, формализованным правилам и, таким образом, могут быть помещены в компьютерный код (Carlos & Malheiro, 2018). Это ведет к поляризации рынков труда, влечет за собой уменьшение количества среднеоплачиваемых, рутинно-интенсивных занятий и стимулирует рост доли высокооплачиваемых рабочих мест (Improving working, 2022).

Ряд эмпирических исследований (Yashiro, 2021; Dubrovskaya & Kozonogova, 2021; Abrosimova, 2019) показывает, что непрерывный прогресс цифровых и роботизированных технологий в итоге приведет к исчезновению неавтоматизированного труда. Анализ, проведенный Глобальным институтом McKinsey, позволил прийти к выводу, что к 2030 году примерно в 60% профессий, по крайней мере, треть составляющих их видов деятельности может быть автоматизирована (McKinsey, 2022).

В данном контексте общие последствия для рынка труда являются весьма неопределенными, о чем наглядно свидетельствует большой разброс результатов существующих исследований (Krasota & Chernetskaya, 2019; Alan, 2021; Édney, 2021).

Первоначальные действия правительств скорее можно классифицировать как реактивные, чем упреждающие, и направлены они в большинстве своем на смягчение побочных эффектов цифровизации, а не на использование ее потенциальных преимуществ.

Во многих странах мира, и, прежде всего, в развивающихся, система государственного управления недостаточно готова к таким изменениям. Быстрые темпы внедрения цифровых технологий в управленческие и производственные процессы усугубляют дисбаланс между развитием национального рынка труда и цифровой экономикой. В первую очередь это обусловлено не скоординированностью решений и действий различных органов власти – как законодательной, так и исполнительной, их изолированностью при формировании стратегий цифрового, социально-экономического и образовательно-профессионального развития (Krasota & Chernetskaya, 2019, 2019). Вне государственного регулирования остаются современные динамические процессы цифровизации, изменяющие структуру рынка труда, способствующие интеграции отраслевых сегментов и секторов экономики, формирующие новое цифровое пространство, которое через глобальный характер, пренебрегает национальными интересами.

В данном контексте не подлежит сомнению тот факт, что трансформация современных экономических систем, обеспечение социального прогресса, усовершенствование и развитие человеческого капитала в значительной степени зависят от внедрения эффективных мер, опирающихся на результаты углубленного теоретического и эмпирического исследования особенностей функционирования рынка труда в условиях цифровизации, а также моделирование динамики его основных индикаторов.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, особую актуальность приобретает анализ динамических взаимосвязей и прогнозирование изменений тенденций в социально-трудовой сфере под влиянием цифровых трансформаций, что и предопределяет выбор темы данной статьи.

Цель статьи – разработать методологический подход к исследованию основных процессов функционирования и развития рынка труда в условиях цифровизации и провести его практическую апробацию на примере Казахстана.

Задачи: обосновать параметры, методы и показатели диагностики национального

рынка труда в условиях цифровизации экономики; разработать методику анализа социальной защиты населения на основе интеллектуального анализа данных; провести апробацию предложенной методики на примере Казахстана.

Материалы и методы

Методологическую основу проводимого исследования составляют методы анализа экономических явлений и процессов, а именно: теоретическое обобщение, сравнение, анализ и синтез – при изучении эволюции развития концепций рынка труда и теории занятости; индукция и дедукция – в процессе исследования нестандартных форм занятости, установлении взаимозависимости между изменением технологических укладов и трансформацией занятости, взаимосвязи изменений человеческого капитала и форм занятости, формировании концептуальных основ цифрового рынка труда; структурно-логический анализ, системный анализ – в ходе анализа цифрового и традиционного сегментов рынка труда, определении характеристик человеческого капитала, признаков рутинного и креативного труда в цифровой экономике; монографический метод – при обобщении теоретико-методологических аспектов трансформации рынка труда и занятости, изменении характера, содержания и процесса труда под влиянием цифровых технологий, выявлении диспропорций национальных рынков труда и образования; методы статистического моделирования – при исследовании состояния и тенденций изменения показателей национальных рынков труда, распространения нестандартных форм занятости на национальном и глобальном уровнях, оценке научно-кадрового и образовательного потенциала, анализе цифровой и креативной занятости, в процессе формализации структурных сдвигов по видам и формам занятости, составлении прогнозной оценки динамики развития цифровой занятости.

Отдельный акцент необходимо сделать на том, что для достижения поставленных целей и решения сформулированных задач применялся компаративный подход, позволяет провести анализ традиционных и нестандартных форм занятости, цифрового и традиционного сегментов рынка труда, сравнить наемного работника, самозанятого лица и занятого через цифровые платформы, определить характеристики человеческого капитала, признаки рутинного и креативного

труда в цифровой экономике (Alan, 2021). Также методологическую основу абстрактно-логический метод моделирования, детально описан в некоторых исследованиях (Dubrovskaya & Kozonogova, 2021; Paletta et al., 2018). Благодаря ему удалось формализовать модель экосистемы национально рынка труда, представить концептуальную схему взаимодействия разных по содержанию и уровню стратегий его развития.

В процессе исследования автором использовались методы машинного обучения, нейросетевое моделирование, нечеткая логика. Отличительной особенностью авторской методологии является возможность учитывать количественные и качественные факторы, влияющие на развитие рынка труда в условиях цифровизации, а также проводить углубленную оценку трансформаций в структуре занятости на основе положений нечеткой логики и идентифицировать специфику социально-трудовых отношений в условиях цифровой экономики.

Литературный обзор

Теоретические и прикладные положения концепций рынка труда, теорий занятости содержатся во многих фундаментальных исследованиях (Li et al., 2021, Paletta et al., 2018). Признаки трансформации бизнеса, экономики и общества под влиянием диджитализации исследовали многие зарубежные ученые (Alan, 2021; Santos & Édney, 2021). Процессы трансформации института занятости, социально-трудовых отношений, организации труда исследовались в контексте цифровых трансформаций и стремительных темпов развития научно-технического прогресса (Dubrovskaya & Kozonogova, 2021).

Основные векторы развития цифровой экономики и Четвертой промышленной революции охарактеризованы в исследованиях Организации экономического сотрудничества и развития. Современные методики оценки влияния диджитализации на экономику разных стран мира отражены в отчетах Глобального института McKinsey, Европейской Комиссии, Международного валютного фонда, Мирового банка.

Исследования указанных ученых, международных организаций, правительственных учреждений и консалтинговых агентств не потеряли своей научной ценности, однако возникает необходимость в формировании методики оценки глобальных тенденций диджитализации рынка труда, оценке происходящих сдвигов и возможных вариантов развития.

Результаты

Как уже отмечалось ранее, в настоящее время в цифровом пространстве происходит миграция факторов производства. В процессе трансформации цепочки создания добавленной стоимости разрываются, и производство распределяется по всему миру. Трансграничное сращивание рынков ведет к повышению конкурентной борьбы за труд и заработную плату (Zarmaev & Bolotkhanov, 2020). Переход к новому постиндустриальному обществу, экономике знаний, глобальному миру, информатизации привел к появлению и росту атипичных моделей занятости, характеризующихся такими особенностями, как автономизация, дестандартизация, виртуализация трудовых отношений, снижение доли физического труда и повышение роли услуг (Tsatsulin, 2020).

Очевидно, что эти структурные сдвиги требует принятия адекватных мер и разработки гибких государственных программ регулирования рынка труда, которые будут учитывать текущие тенденции, запро-

сы работодателей, имеющийся в стране кадровый потенциал, а также позволят наилучшим образом подготовить работников к новой реальности, для чего необходимо проводить научно-обоснованную, взвешенную и всеохватывающую диагностику национального рынка труда.

Основанием для разработки адекватной методологии моделирования динамических процессов на рынке труда в условиях цифровых трансформаций служат теоретические макроэкономические модели, которые позволяют качественно описать процессы функционирования рынка труда, характеризуют состояние его равновесия и подходы к формированию спроса на труд и предложения рабочей силы.

В процессе проводимого исследования автором разработан научно-методический подход к диагностике национального рынка труда в условиях цифровизации экономики. В рамках этого подхода оценку предложено проводить по двум комплексным параметрам: гибкость и социальная защита.

Таблица 1 - Параметры, методы и показатели диагностики национального рынка труда в условиях цифровизации экономики

Table 1 - Parameters, methods and indicators for diagnosing the national labor market in the context of the digitalization of the economy

Составляющие параметра	Методы и показатели оценки
Параметр «гибкость»	
Внешняя гибкость	Методы: количественный и качественный анализ, группировка, сравнительный анализ, экспертный опрос. Показатели: уровень мобильности национального рынка труда, уровни занятости и безработицы; субиндексы индикатора «рынок труда» Индекса глобальной конкурентоспособности
Внутренняя гибкость	Методы: количественный и качественный анализ, группировка, сравнительный анализ, экспертный опрос. Показатели: доли неформально занятых, самозанятых, занятых неполный рабочий день, субиндексы индикатора «рынок труда» Индекса глобальной конкурентоспособности
Цифровая гибкость	Методы: разработка научной гипотезы, математическое моделирование, социологический опрос, экспертный опрос. Показатели: количество занятых, объем реализации, добавленная стоимость в сфере цифровых продуктов, доля работников, использующих ИКТ
Гибкость оплаты труда	Методы: системный, количественный и качественный анализ, группировка, сравнительный анализ. Показатели: динамика среднемесячной заработной платы, почасовая ставка, субиндекс индикатора «рынок труда» Индекса глобальной конкурентоспособности
Параметр «социальная защита»	
Защита рабочих мест	Методы: системный, анализ документов, социологический и экспертный опрос. Показатели: оборот рабочей силы, охват работников коллективными договорами, субиндексы индикаторов «рынок труда», «институции» Индекса глобальной конкурентоспособности
Поддержка занятости	Методы: системный, анализ документов, экспертный опрос. Показатели: наличие вакансий, количество трудоустроенных
Гарантия выплаты заработанного дохода	Методы: количественный и качественный анализ, группировка, анализ документов, социологический опрос, экспертный опрос. Показатели: задолженность по выплатам по оплате труда, субиндексы индикатора «институции» Индекса глобальной конкурентоспособности
Комбинированная защита	Методы: социологический и экспертный опрос. Показатели: уровень доступности отдельных социальных услуг

Принимая во внимание тот факт, что в условиях цифровизации, как уже отмечалось ранее, актуализуется проблема безработицы, необходимости переквалификации и переподготовки рабочей силы к новым профессиям и требованиям рынка труда, на первый план для экономики любой страны выходит вопрос социального обеспечения и защиты населения. Поэтому оценка его уровня, количественных и качественных параметров имеет важное значение для формирования государственных программ социального развития.

Исходным моментом при проведении анализа уровня социальной защиты населения является определение и выбор его индикаторов. Однако вследствие сложности, многоаспектности, присутствия объективного и субъективного компонента в оценке сделать это достаточно сложно. В связи с этим в рамках проводимого исследования представляем авторскую методику анализа, которая базируется на прогрессивном в настоящее время математическом аппарате, основу которого составляет интеллектуальный анализ данных, а именно нейросетевое моделирование.

Итак, опишем предложенную методику более подробно.

Пусть $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ – множество оценок уровня индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности населения, к которым будет применена экспертная система «Fuzzy Logic Toolbox».

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ – множество количественных и качественных критериев, по которым будет проводиться оценка уровня индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности.

В теории нечетких множеств для моделирования объектов с дискретным выходом часто используют нечеткий логический вывод, который задается лингвистическими высказываниями $\langle \text{If } A, \text{ Then } B \rangle$ и логическими операциями над нечеткими множествами. Причем A и B – это определенные выражения нечеткой логики, принимающие форму нечетких высказываний. Совокупность таких нечетких правил составляет нечеткую базу знаний о взаимосвязи входов и выходов объекта и имеет вид: If «ссылка правила», Then «заключение правила». Многомерные зависимости между входом и выходом формализуются нечеткими правилами с использованием логических операций «And» и «Or» (Pandit, 2021).

Тогда взаимосвязь показателей уровня индивидуальной социальной обеспеченности

и защищенности представим следующим образом:

$$S = f_s(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5), \quad (1)$$

где S – интегральная оценка уровня индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности; P_1 – доступ к цифровым медицинским услугам, телемедицине; P_2 – обеспеченность жильем; P_3 – наличие цифровых компетенций; P_4 – размер личного дохода; P_5 – занятость.

Результатом решения задачи является исходная переменная – интегральная оценка уровня социальной защиты человека, которая может принять одно из следующих значений: s_1 – минимальный уровень; s_2 – уровень ниже среднего; s_3 – средний уровень; s_4 – уровень выше среднего; s_5 – высокий уровень.

Многокритериальный анализ оценок уровня личной социальной защищенности проведем с использованием алгоритма Мамдани, который описывается следующим образом:

- создается база правил системы нечеткого вывода;
- производится фазификация входных переменных;
- осуществляется операция агрегирования;
- аккумулируется заключение нечетких правил;
- происходит дефазификация входных переменных.

Значения выходящих и входящих переменных зададим такими нечеткими множествами:

$$(p_1 = \tilde{b}_{1j} \theta_1 \dots \theta_j \ p_n = \tilde{b}_{nj}) \Rightarrow S = \tilde{x}_j, j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

где \tilde{b}_{1j} – нечеткий терм, с использованием которого проводится оценка переменной p_i в j -м правиле, $j = \overline{1, m}$;

\tilde{x}_j – вывод, продуцируемый j -м правилом;
 m – общее количество правил, входящих в состав базы знаний;

Θ – логическая операция, благодаря которой осуществляется связь различных фрагментов j -го правила;

\Rightarrow – нечеткая импликация.

Для дальнейших расчетов примем такие обозначения:

$\mu_j(p_i)$ – функция принадлежности входа $p_i \in [\underline{p}_i, \overline{p}_i]$ нечеткому терму \tilde{b}_{1j} , т.е.

$$\tilde{b}_{1j} = \int_{p_i \in [\underline{p}_i, \overline{p}_i]} \mu_j(p_i) / p_i, \quad (3)$$

$\mu_{x_j}(r)$ - функция принадлежности выхода да $r \in [r, \bar{r}]$ нечеткому терму \tilde{x}_j , т.е.

$$\tilde{x}_j = \int_{r \in [r, \bar{r}]} \mu_{x_j}(r) / r. \quad (4)$$

Рассчитаем степень выполнения ссылки j -го правила для входящего вектора $P = (p_1^*, p_2^*, \dots, p_n^*)$ с использованием следующей формулы:

$$\mu_j(P^*) = w_j(p_1^*)p_j \mu_j(p_2^*)p_j \dots p_j \mu_j(p_n^*), j = \overline{1, m}, (5)$$

где p_i означает t -норму, в том случае, если в j -м правиле применяется логическая операция «И», и соответствует s -норме при $\theta_i = \text{«Или»}$.

Треугольные нормы в нечетком выводе Мамдани в основном являются операциями минимума (t -норма) и максимума (s -норма). Результат нечеткого вывода примет вид:

$$\tilde{r}^* = \left(\frac{\mu_1(P^*)}{\tilde{x}_1}, \frac{\mu_2(P^*)}{\tilde{x}_2}, \dots, \frac{\mu_m(P^*)}{\tilde{x}_m} \right). \quad (6)$$

Проведем операции импликации и агрегирования, позволяющие перейти от нечеткого множества, где носителем выступает множество нечетких терм $\{\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_m\}$ к нечеткому множеству на носителе $[r, \bar{r}]$. Применив логический вывод на основании j -го правила базы знаний, получаем следующее нечеткое значение исходной переменной r :

$$\tilde{x}_j^* = \text{imp}(\tilde{x}_j, \mu_j(P^*)), j = \overline{1, m}, \quad (7)$$

где imp - импликация, реализуемая в нечетком выводе преимущественно операцией минимума, то есть происходит «срезка» функции принадлежности $\mu_{x_j}(r)$ по уровню $\mu_j(P^*)$, что приобретает такой математический вид:

$$R_i: IF\{(x_1(k) \in \mu_{i,1}) \cap (x_2(k) \in \mu_{i,2}) \cap \dots (x_j(k) \in \mu_{i,j}) \dots \cap (x_n(k) \in \mu_{i,n})\} \\ THEN\{(y_1(k) \in \mu_{i,n+1}), \dots, (y_s(k) \in \mu_{i,n+2}), \dots (y_q(k) \in \mu_{i,n+j})\},$$

где $\{x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k)\}$ - значение входных сигналов;

i - номер правила $i \in \{1..m\}$;

j - номер входного сигнала, $j \in \{1..n\}$;

s - номер выходного сигнала, $s \in \{1..q\}$;

$\{y_1(k), y_2(k), \dots, y_q(k)\}$ - значение выходных сигналов;

$\mu_{i,j}$ - лингвистическое терм-множество i -го правила для j -го входного сигнала;

$\mu_{i,n+s}$ - лингвистическое терм-множество i -го правила для s -го выходного сигнала.

$$\tilde{d}_j^* = \int_{y \in [y, \bar{y}]} \min(\mu_j(P^*), \mu_{d_j}(y)) / y. \quad (8)$$

Благодаря агрегированию нечетких множеств может быть получен общий результат логического вывода в разрезе всей базы знаний:

$$\tilde{r}^* = \text{tem}(\tilde{x}_1^*, \tilde{x}_2^*, \dots, \tilde{x}_m^*), \quad (9)$$

где tem - агрегирование нечетких множеств, через которое реализуют операции максимума.

Дефазификацией нечеткого множества называется четкое значение выхода r , которое соответствует входящему вектору P^* . Использование вычислительной системы MATLAB позволяет осуществить автоматизацию расчетов оценки индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности на базе нечеткой логики.

Для проведения практических исследований на основе предложенной методики, в таблице 2 детализированы обозначенные ранее нечеткие множества значений, которые можно использовать в процессе определения уровня индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности, а также соответствующие им нечеткие термы.

Каждое из представленных в таблице значений нечеткого термина описывается своей функцией принадлежности μ_n . Чаще всего используются гаусовская функция принадлежности:

$$\mu_A(x) = \left(-\frac{(x - c_A)^2}{2\sigma_A^2} \right), \quad (10)$$

где c_A - центр функции;

σ_A параметр «ширины» функции.

Связи между входными и выходными параметрами Fuzzy-модели описываются правилами, которые имеют следующий вид:

По итогам всех итераций оценка уровня индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности в цифровой экономике может получить одну из таких интегральных оценок (см. табл. 3).

Таблица 2 - Значение нечетких термов и нечетких множеств для показателей оценки уровня индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности

Table 2 - The value of fuzzy terms and fuzzy sets for indicators for assessing the level of individual social security and security

Переменная	Нечеткий терм, которым оценивается переменная	Нечеткое множество значений, соответствующее нечеткому терму
Доступ к цифровым медицинским услугам, телемедицине	Нет доступа	Индивид не может получить цифровые услуги, в результате чего вынужден пользоваться ограниченным спектром медицинской помощи
	Частичный из-за отсутствия постоянного Интернета или навыков пользования	Есть единичная возможность подключиться к цифровому медицинскому обслуживанию
	Приемлемая степень использования	Пользование услугами регулярно, совмещая их с аналоговым сервисом
	Регулярное использование	Индивидуум имеет возможность и пользуется цифровым медицинским обслуживанием
Обеспеченность жильем	Низкая	Нет собственного помещения (наем)
	Среднее	Предоставлено общежитие
	Высокая	Есть собственное жилье
Наличие цифровых компетенций	Низкий	Отсутствуют
	Средний	Есть на уровне обычного пользователя
	Высокий	Цифровые навыки соответствуют уровню развития цифровой экономики
Размер личного дохода	Низкий	1-1000 дол. США
	Средний	1050-2000 дол. США
	Высокий	Больше 2000 дол. США
Занятость лица	Отсутствует	Безработное лицо
	Временная	Доступна временная работа, в том числе удаленная
	Постоянная	Есть постоянная работа

Таблица 3 - Нечеткое множество значений интегральной оценки уровня индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности

Table 3 - Fuzzy set of values of the integral assessment of the level of individual social security and security

Оценка уровня индивидуальной социальной защищенности	Нечеткое множество значений исходной переменной
$r_1 \dots r_n$	Низкий (0-25%)
	Ниже среднего (20-40%)
	Средний (35-65%)
	Выше среднего (60-80%)
	Высокий (75-100%)

Проведение операции над нечеткими множествами позволит получить интегральную оценку уровня индивидуальной социальной обеспеченности и защищенности, отраженную четким числом.

Обсуждение

Изучение особенностей функционирования и концептуальных сдвигов в развитии цифровой экономики, выделение основных векторов трансформации и модификации современных систем занятости, а также актуальных требований к персоналу позво-

лили обосновать методическую основу для моделирования динамических процессов функционирования и развития рынка труда.

Исследования показали, что с целью проведения сравнительного анализа и получения достоверной оценки актуальных тенденций, на основе учета как на количественных, так и на качественных показателей развития рынка труда и социальной обеспеченности населения целесообразно использовать теорию нечетких множеств и новейшие информационные технологии.

В таблице 4 представлена апробация предложенной методики с использованием рядов динамики, характеризующих ситуацию на рынке труда Казахстана.

Средние временные показатели, представленные в таблице 4, относятся к трем различным временным периодам, то есть 2014-2017 гг. и 2018-2021 гг. – это отчетные периоды. 2022-2025 гг. – прогнозный. В процессе расчетов были рассмотрены такие показатели как:

ТЕР – общая социальная защищенность населения;

PL – наличие цифровых компетенций;

PK – размер личного дохода.

Также изменение этих показателей проанализировано под влиянием четырех типов инвестиций:

- общие инвестиции в развитие человеческого потенциала (Tot Int): они представляют собой сумму инвестиций в подготовку персонала, обучение, повышение квалификации, переподготовку и т.д.;

-инвестиции в программное обеспечение и базы данных (Int Soft&DB);

-инвестиции в НИОКР (Int R&D);

-общие инвестиции (Tot Tang): они представляют собой сумму инвестиций в оцифровку рабочих мест, в обеспечение жильем и медицинским обслуживанием населения;

-инвестиции в оборудование (Tang ICT), для улучшения производительности труда;

-инвестиции в цифровые разработки, создание цифровых рабочих мест, удаленных средств связи, умных производств и т.д. ICT&Soft&DB.

Таблица 4 - Апробация методики определения уровня социальной защищенности населения в Казахстане в условиях развития цифровой экономики

Table 4 - Approbation of the methodology for determining the level of social protection of the population in Kazakhstan in the development of the digital economy

Показатели	2014-2017 гг.	2018-2021 гг.	2022-2025 гг.
TFP - Int tot	0.20	0.40	0.7025
PL - Int tot	0.28	0.569	0.7214
PK - Int tot	0.07	-0.43	-0.24
TFP - Int Soft&DB	0.17	-0.02	0.05
PL - Int Soft&DB	0.13	0.05	0.19
PK - Int Soft&DB	0.20	-0.17	0.35
TFP - Int R&D	0.19	0.28	0.465
PL - Int R&D	0.32	0.495	0.506
PK - Int R&D	-0.37	-0.541	0.13
TFP - Tang tot	0.30	0.649	0.475
PL - Tang tot	0.38	0.715	0.32
PK - Tang tot	-0.16	-0.15	0.22
TFP - Tang ICT	0.17	0.36	0.544
PL - Tang ICT	0.13	0.35	0.547
PK - Tang ICT	0.02	0.02	0.03
TFP - ICT&SOFT&DB	0.19	0.34	0.6519
PL - ICT&SOFT&DB	0.21	0.6460	0.40
PK - ICT&SOFT&DB	0.01	0.06	0.09

Проведенный анализ показывает высокую положительную и значительную корреляцию между общей социальной защищенностью населения Казахстана и такими ключевыми видами инвестиций как: Tot Int, ICT&Soft&DB и Int R&D. Это говорит о том, что адаптация рынка труда в стране к цифровым трансформациям и вызовам должна осуществляться системными усилиями всех его участников – государства, предприятий и населения. Причем вложения

и конкретные практические действия следует сосредотачивать не только на материальной составляющей – переоснащении рабочих мест и покупке новых технологий, но и на обучении, подготовке, повышении квалификации работников, с тем, чтобы вложенные средства обеспечили максимальную отдачу как для самого инвестора, так и для уровня жизни, социальной защищенности и обеспеченности работников предприятий.

Заключение

Повсеместное распространение новых интеллектуальных приложений, информационно-коммуникационных технологий, которые стали неотъемлемой частью цифровой экономики, привело к резкой корректировке структуры занятости практически во всех странах мира. Появление Интернета, роботов и, в последнее время, прогресс в области искусственного интеллекта провоцирует дополнительные риски для всех сотрудников, а не только для тех, кто находится в нижней части квалификационной шкалы. Все это в свою очередь актуализирует ряд вызовов для системы государственного управления, связанных с необходимостью регулирования занятости и безработицы, поддержки на должном уровне социальной защиты населения.

По результатам исследования в статье предложен авторский методологический подход к исследованию основных процессов функционирования и развития рынка труда в условиях цифровизации и проведена его практическая апробация на примере Казахстана. Этот подход позволяет выполнить углубленную оценку сдвигов в структуре занятости и идентифицировать специфику социально-трудовых отношений в условиях цифровой экономики.

Также используя инструментарий нейросетевого моделирования и нечеткой логики автором разработана методика определения уровня социальной защищенности населения, которая опирается на количественные и качественные критерии оценки. Ее использование на практике будет способствовать формированию дифференцированной системы мер по социальной защите и поддержке граждан на государственном уровне, развитию их активности в цифровой среде.

References

1. Abrosimova, I.A. (2019). The future of the labor market in the context of the digitalization of the economy. *Economics and Entrepreneurship*, (9), 270-274.
2. Beauty, T. G., Govako, A. V., & Golik, A. S. (2019). The impact of digitalization of the economy on changing the structure of the labor market in modern conditions. *Financial Economics*, (1), 487-488.
3. Dubrovskaya, J. V., & Kozonogova, E. V. (2021). The impact of digitalization on the demand for labor in the context of working specialties: Spatial analysis. *Bulletin of St. Petersburg University. Economy*, 37(3), 395-412. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.302>
4. Krasota, T.G., & Chernetskaya, Z.S. (2019). Digitization of the economy as a factor in changing the structure of the labor market at the present stage of economic formations. *Economics and Entrepreneurship*, (1), 75-77.
5. Konina, N. (2021). Conclusion: The fourth industrial revolution—Further research agenda. In *Digital Strategies in a Global Market* (pp. 257-271). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58267-8_19
6. Li, Z., Hong, Y., & Zhang, Z. (2021). The empowering and competition effects of the platform-based sharing economy on the supply and demand sides of the labor market. *Journal of Management Information Systems*, 38(1), 140-165. <https://doi.org/10.1080/07421222.2021.1870387>
7. Paletta, F.C., & da Silva, A.M. (2018, July). Knowledge Organization in the digital age: the complexity of the global labor market. In *Challenges and Opportunities for Knowledge Organization in the Digital Age* (pp. 839-847). Ergon-Verlag. <https://doi.org/10.5771/9783956504211-839>
8. Pandit, A. (2021). *Mathematical Modeling using Fuzzy Logic: Applications to Sustainability*. CRC Press.
9. Shapiro, A.F., & Mandelman, F.S. (2021). Digital adoption, automation, and labor markets in developing countries. *Journal of Development Economics*, 151, 102656. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102656>
10. Santos, E., & Halkias, D. (2021). Diffusion of innovations and labor market challenges: a multiple case study from Angola. *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy*. <https://doi.org/10.1108/JEC-12-2020-0198>
11. Tsatsulin, A.N. (2020). Digitalization of the population as a determinant of the virtual and real labor market in a pandemic. *Economic revival of Russia*, 3(65), 46-69.
12. What the Future of Work Will Mean for Jobs, Skills, and Wages: Jobs Lost, Jobs Gained. McKinsey. (2017) [updated November 28, 2017; cited February 02, 2022]. Available: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>
13. Yashiro N., Kyrrä, T., Hwang, H. & Tuamola, J. (2021) Technology, labour market institutions and early retirement: evidence from Finland. *OECD Economics Department Working Papers* 1659.
14. Zarmaev, A.A., & Bolotkhanov, E.B. (2020). The impact of the economy digitalization on the transformation of the labor market in the world. *FGU Science*, 4, 97-102.

Список литературы (транслитерация)

1. Abrosimova, I.A. (2019). The future of the labor market in the context of the digitalization of the economy. *Jekonomika i predprinimatel'stvo [Economics and Entrepreneurship]*, (9), 270-274. (In Russ.)

2. Beauty, T.G., Govako, A.V., & Golik, A.S. (2019). The impact of digitalization of the economy on changing the structure of the labor market in modern conditions. *Financial Economics*, (1), 487-488.
3. Dubrovskaya, J.V., & Kozonogova, E.V. (2021). The impact of digitalization on the demand for labor in the context of working specialties: Spatial analysis. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Jekonomika [Bulletin of St. Petersburg University. Economy]*, 37(3), 395-412. (In Russ.)
4. Krasota, T.G., Govako, A.V., & Golik, A.S. (2019). The impact of digitalization of the economy on changing the structure of the labor market in modern conditions. *Finansovaja jekonomika [Financial Economics]*, (1), 487-488. (In Russ.)
5. Konina, N. (2021). Conclusion: The fourth industrial revolution—Further research agenda. In *Digital Strategies in a Global Market* (pp. 257-271). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58267-8_19
6. Li, Z., Hong, Y., & Zhang, Z. (2021). The empowering and competition effects of the platform-based sharing economy on the supply and demand sides of the labor market. *Journal of Management Information Systems*, 38(1), 140-165. <https://doi.org/10.1080/07421222.2021.1870387>
7. Paletta, F. C., & da Silva, A. M. (2018, July). Knowledge Organization in the digital age: the complexity of the global labor market. In *Challenges and Opportunities for Knowledge Organization in the Digital Age* (pp. 839-847). Ergon-Verlag. <https://doi.org/10.5771/9783956504211-839>
8. Pandit, A. (2021). *Mathematical Modeling using Fuzzy Logic: Applications to Sustainability*. CRC Press.
9. Shapiro, A. F., & Mandelman, F. S. (2021). Digital adoption, automation, and labor markets in developing countries. *Journal of Development Economics*, 151, 102656. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102656>
10. Santos, E., & Halkias, D. (2021). Diffusion of innovations and labor market challenges: a multiple case study from Angola. *Journal of Enterprising Communities: People and Places in the Global Economy*. <https://doi.org/10.1108/JEC-12-2020-0198>
11. Tsatsulin, A. N. (2020). Digitalization of the population as a determinant of the virtual and real labor market in a pandemic. *Vestnik Nacional'noj akademii turizma [Economic revival of Russia]*, 3(65), 46-69. (In Russ.)
12. What the Future of Work Will Mean for Jobs, Skills, and Wages: Jobs Lost, Jobs Gained. McKinsey. (2017) [updated November 28, 2017; cited February 02, 2022]. 2/2/2022]. Available: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>
13. Yashiro N., Kyyrä, T., Hwang, H. & Tuamola, J. (2021) Technology, labour market institutions and early retirement: evidence from Finland. *OECD Economics Department Working Papers* 1659.
14. Zarmaev, A. A., & Bolotkhanov, E. B. (2020). The impact of the economy digitalization on the transformation of the labor market in the world. *FGU Science*, (4), 97-102. (In Russ.)

Information about the authors

* **Zhaxat B. Kenzhin** – PhD, associate professor, Academy of Physical Education and Mass Sport, Kazakhstan, e-mail: jaksat_22@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6085-8349>

Khanbibi U. Nursapina – Master's degree, senior lecturer, West Kazakhstan Agrarian Technical University named after Zhanger Khan, Kazakhstan, e-mail: khanbibi_n@bk.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7959-4961>

Zhaukazyn Abzhanova – Master's degree, senior lecturer, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kazakhstan, e-mail: zhaukazyn.78@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8498-258x>

Zhanat M. Bulakbay – Candidate of economic Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, e-mail: Bulakbay_zhannat@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3742-675>

Tursynzada K. Kuangaliyeva – c.e.s., Associate Professor, Astana IT University, Kazakhstan, e-mail: kuantu_80p@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4684-0836>

Авторлар туралы мәліметтер

***Кенжин Ж.Б.** – PhD, қауымдастырылған профессор., Дене шынықтыру және бұқаралық спорт академиясы, Қазақстан, e-mail: jaksat_22@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6085-8349>

Нурсапина К.У. – магистр., аға оқытушы, Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Қазақстан, e-mail: khanbibi_n@bk.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7959-4961>

Абжанова Ж. – магистр., аға оқытушы, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қазақстан, e-mail: zhaukazyn.78@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8498-258x>

Бұлақбай Ж.М. – э.ғ.к., доцент, Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті., Қазақстан, e-mail: Bulakbay_zhannat@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3742-675>

Куангалиева Т.К. – э.ғ.к., доцент Astana IT University, Қазақстан, e-mail: kuantu_80p@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4684-0836>

Сведения об авторах

***Кенжин Ж.Б.** – PhD, ассоциированный профессор., Академия физической культуры и массового спорта, Казахстан, e-mail: jaksat_22@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6085-8349>

Нурсапина К.У. – магистр., старший преподаватель, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, Казахстан, e-mail: khanbibin@bk.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7959-4961>

Абжанова Ж. – магистр., старший преподаватель, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Казахстан, e-mail: zhaukazyn.78@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8498-258x>

Бұлақбай Ж.М. – к.э.н., доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева., Казахстан, e-mail: Bulakbay_zhannat@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3742-675>

Куангалиева Т.К. – к.э.н., доцент Astana IT University, проспект Мәңгілік ел, Казахстан, e-mail: kuantu_80p@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4684-0836>