

Ссылка для цитирования этой статьи:

Зуева Н.А. Экономико-математическая модель цифровой системы управления персоналом: предпосылки и влияние кадровых процессов на занятость в регионах // Human Progress. 2025. Том 11, Вып. 10. С. 12. URL: http://progress-human.com/images/2025/Том11_10/Zueva.pdf DOI 10.46320/2073-4506-2025-10a-22.

УДК 331.101.262:004.9:338.27

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ: ПРЕДПОСЫЛКИ И ВЛИЯНИЕ КАДРОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЗАНЯТОСТЬ В РЕГИОНАХ



Зуева Наталья Александровна
директор по инновациям,
Кадровая компания «Рекадро»,
г. Калуга, Российская Федерация;
аспирант кафедры «Региональная и отраслевая экономика»,
Университет «Синергия»,
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлена экономико-математическая модель цифровой системы управления персоналом (ЦСУП), разработанная на основе анализа данных о цифровой трансформации кадровых процессов в России. Исследование направлено на количественную оценку влияния уровня цифровизации HR-практик на показатели занятости в региональном разрезе. Рассмотрены макроэкономические, институциональные и технологические предпосылки формирования модели, систематизированы ключевые факторы, определяющие архитектуру цифровой экономической системы управления персоналом. Предложенная модель включает четыре взаимосвязанных блока: эффективность HR-функции, цифровую зрелость кадровых систем, архитектурные характеристики и контекстные условия функционирования. На основе эмпирических данных по 45 регионам Российской Федерации проведено моделирование зависимости уровня занятости от показателей цифровизации кадровых процессов. Полученные результаты подтверждают наличие статистически значимой связи между цифровой зрелостью HR-систем и параметрами регионального рынка труда. Разработанная модель может быть использована для диагностики цифровой зрелости организаций, оценки эффективности внедрения цифровых решений и

мониторинга реализации государственных программ в сфере занятости и цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровая экономика; управление персоналом; экономико-математическая модель; занятость; цифровизация; регионы; кадровые процессы.

JEL коды: J21, J24, O15.

Введение

Развитие цифровой экономики привело к изменению принципов функционирования рынка труда и системы управления человеческими ресурсами. Цифровизация кадровых процессов становится одним из организационных преобразований, влияющих на занятость и производительность труда. Для России характерна выраженная территориальная неоднородность цифровой инфраструктуры и компетенций, что формирует различия в возможностях внедрения современных HR-технологий и отражается на параметрах региональных рынков труда. Проблема оценки влияния цифровизации управления персоналом на занятость требует перехода от описательных подходов к формализованным моделям, учитывающим комплекс взаимосвязанных технологических, институциональных и инфраструктурных факторов. В этой связи особое значение приобретает построение экономико-математической модели, позволяющей количественно оценить вклад цифровой зрелости HR-систем в развитие занятости.

Цель настоящего исследования служит разработка экономико-математической модели цифровой системы управления персоналом (ЦСУП), предназначенную для анализа влияния цифровизации кадровых процессов на занятость населения в региональном разрезе. Модель ориентирована на объединение показателей эффективности HR-функции, цифровой зрелости, архитектурных характеристик и внешних условий функционирования, что поможет обеспечить возможность сопоставимой оценки цифровых эффектов на рынке труда.

Научная новизна работы заключается в формировании подхода к количественной оценке взаимосвязей между цифровыми параметрами кадровых систем и показателями региональной занятости. Практическая значимость состоит в возможности применения результатов для диагностики цифровой зрелости организаций и оценки эффективности мер государственной политики в сфере занятости и цифровой трансформации экономики.

Материалы и методы

Региональные различия в занятости и качествах человеческого капитала объясняются не только структурой экономики, но и асимметрией цифрового развития. В классической

региональной теории это согласуется с логикой пространственной неоднородности и необходимостью инструментов выравнивания, заданной в работах А.Г. Гранберга [2]. Цифровая трансформация добавляет новый слой: она меняет организацию труда, расширяет дистанционные и гибкие форматы занятости и снижает роль географической привязки работника [11]. Российская эмпирика подтверждает, что различия в доступе к интернету и цифровым сервисам сопряжены с межрегиональным «цифровым разрывом» и влияют на социально-экономические исходы: зафиксированы устойчивые связи между распространением интернета, структурой спроса/предложения на рынке труда и дифференциацией по доходам и занятости [3], а также описаны механизмы и направления преодоления цифрового неравенства регионов [1]. Официальные данные указывают на неоднородность цифровой инфраструктуры и использования ИКТ населением: по открытым наборам Росстата (ИКТ-показатели домохозяйств и индивидов) и сводным региональным таблицам сохраняются значимые межрегиональные различия [6], [10], что коррелирует с административной информацией о ходе цифровизации субъектов РФ [7] и агрегированными индикаторами цифровой экономики (НИУ ВШЭ, 2024) [8]. При этом динамика цифровых компетенций населения, по оценкам НАФИ (Индекс цифровой грамотности-2024), не демонстрирует ускоренного роста, что ограничивает потенциал внедрения продвинутых инструментов в управлении персоналом [9].

На уровне организаций цифровизация HR фиксируется как переход от разрозненных решений к более интегрированным HRIS-контурам (информационная система управления персоналом): автоматизация подбора, учета и обучения, появление аналитики и KPI-мониторинга, снижение транзакционных издержек и рост прозрачности кадровых решений [12], [4]. В теоретико-прикладной плоскости цифровые HR-практики связываются с устойчивостью и ценностью для бизнеса через архитектуру управления талантами, выстраивание сквозных процессов развития и удержания персонала [13]. Совокупность этих результатов демонстрирует: подтверждённую межрегиональную асимметрию цифровой инфраструктуры и компетенций [1], [3], [6], [7], [8], [9], [10]; накопленную практику внедрения HRIS и аналитику, но решения нередко фрагментарны и слабо сопряжены с внешним контекстом [4], [12]; ожидаемый эффект для занятости и качества человеческого капитала теоретически мотивированы, но количественно сопоставляются редко и без учёта комплексного набора факторов [5], [11], [13].

Отсюда проистекает исследовательский разрыв: необходим инструмент, который одновременно учитывает технологические и организационные характеристики HR-цифровизации внутри фирмы (уровень автоматизации, наличие HR-аналитики, полнота

цифрового профиля), вводит архитектурные параметры данных и интеграции (качество, связность, API-взаимодействия), и контролирует региональные условия (ИКТ-инфраструктура, цифровые компетенции населения, нормативные ограничения, конкурентность рынка труда), опираясь на официальные и платформенные источники [6], [7], [8], [9], [10], [4], [12], [13]. Экономико-математическая модель цифровой системы управления персоналом (ЦСУП), структурированная по указанным блокам, позволяет перейти от описательных сопоставлений к формализованной оценке вклада цифровых кадровых процессов в показатели занятости регионов и тем самым связать внутрифирменные цифровые преобразования с задачами региональной политики [2]. Такая модель может быть полезна: для диагностирования «узких мест» цифровой зрелости HR на фоне внешнего контекста [8], [9], [12]; сопоставимой межрегиональной оценки эффектов цифровизации кадровых процессов с опорой на нормированные индикаторы из официальной статистики [6], [10] и административных реестров [7]; обоснования управленческих решений и программ поддержки, где приоритеты цифрового развития HR-функции согласуются с целями выравнивания на рынке труда [1], [3], [13].

Результаты и обсуждения

Для регрессионного анализа использовались официальные данные Росстата [6], [10], Минцифры России [7] и ИСИЭЗ НИУ ВШЭ [7] по 45 субъектам Российской Федерации, для которых в открытом доступе имеются сопоставимые значения по показателям цифровой инфраструктуры и занятости за 2023–2024 гг. Отбор регионов осуществлялся по критерию полноты статистической информации наличия всех требуемых переменных в едином временном интервале. Все показатели приведены к единой шкале методом минимакс-нормализации в диапазоне [0; 1]. Для показателя DigitalLiteracy использованы индексы цифровой грамотности населения НАФИ (2024) [9]; для HRPlatformDensity агрегированные данные hh.ru и SuperJob; для InternetAccess доля населения с регулярным доступом к интернету по данным Росстата (ИКТ-пользование); для eLearningUsers доля участников федеральных программ онлайн-обучения «Цифровые профессии» Минцифры России (2024) [7].

В качестве зависимой переменной использовалась скорректированная доля занятого населения в возрасте 25–54 лет (EmploymentRate). Линейная модель имеет вид:

$$EmploymentRate = \beta_0 + \beta_1 HRPlatformDensity + \beta_2 InternetAccess + \beta_3 DigitalLiteracy + \beta_4 HRTechAvailability + \beta_5 eLearningUsers + \varepsilon$$

где независимые переменные отражают соответственно плотность онлайн-вакансий, уровень интернет-доступа, цифровую грамотность населения, количество HR-платформ в регионе и долю пользователей онлайн-обучения.

Результаты оценки методом наименьших квадратов (OLS) показали статистически значимое влияние переменных HRPlatformDensity ($p < 0,01$) и DigitalLiteracy ($p < 0,05$), а также наличие положительной тенденции для eLearningUsers ($p < 0,1$). Коэффициент детерминации $R^2 = 0,71$ свидетельствует о высокой объяснительной способности модели. Проверка мультиколлинеарности ($VIF < 2$) и гетероскедастичности (тест Уайта, $p > 0,1$) подтвердила корректность спецификации.

Включение контрольных переменных ВРП на душу населения, уровня урбанизации и доли малого и среднего бизнеса не изменило статистической значимости цифровых факторов, что подтверждает их автономное влияние на региональные различия занятости. Наибольший вклад в уровень занятости вносят плотность цифровых вакансий и цифровая грамотность населения. На рисунке 1 представлено распределение β -коэффициентов по регионам: положительные значения отражают усиление занятости при росте цифровых показателей, отрицательные – слабое или отсутствующее влияние.

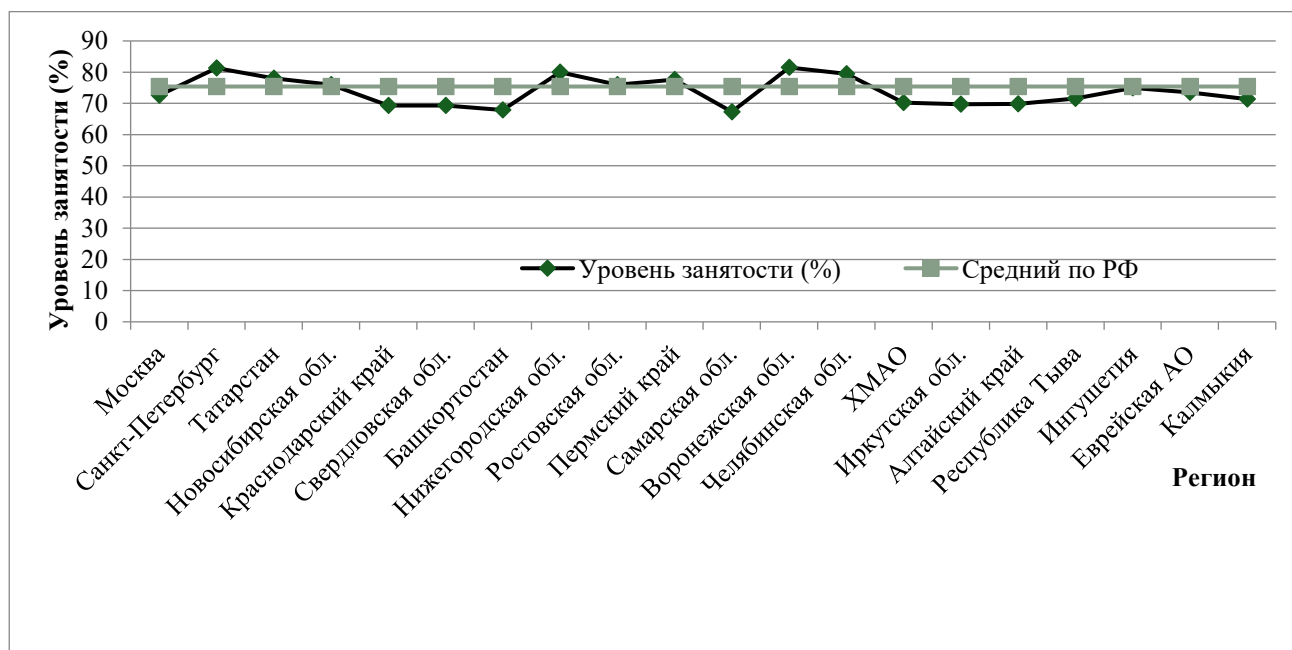


Рис. 1 Распределение регионов по интенсивности влияния цифровых факторов на занятость

Составлено автором по данным [7], [8], [9]

На рисунке 2 карта интенсивности цифровых факторов занятости, где визуализировано пространственное распределение β -коэффициентов. Наиболее высокие значения зафиксированы в Москве, Санкт-Петербурге, Республике Татарстан и ХМАО, что

коррелирует с высокой плотностью онлайн-вакансий и долей пользователей систем онлайн-обучения. Выявленные зависимости согласуются с результатами исследований Земцова С.П. [3] и Басовой Е.А. [1], демонстрирующих влияние цифровой инфраструктуры.

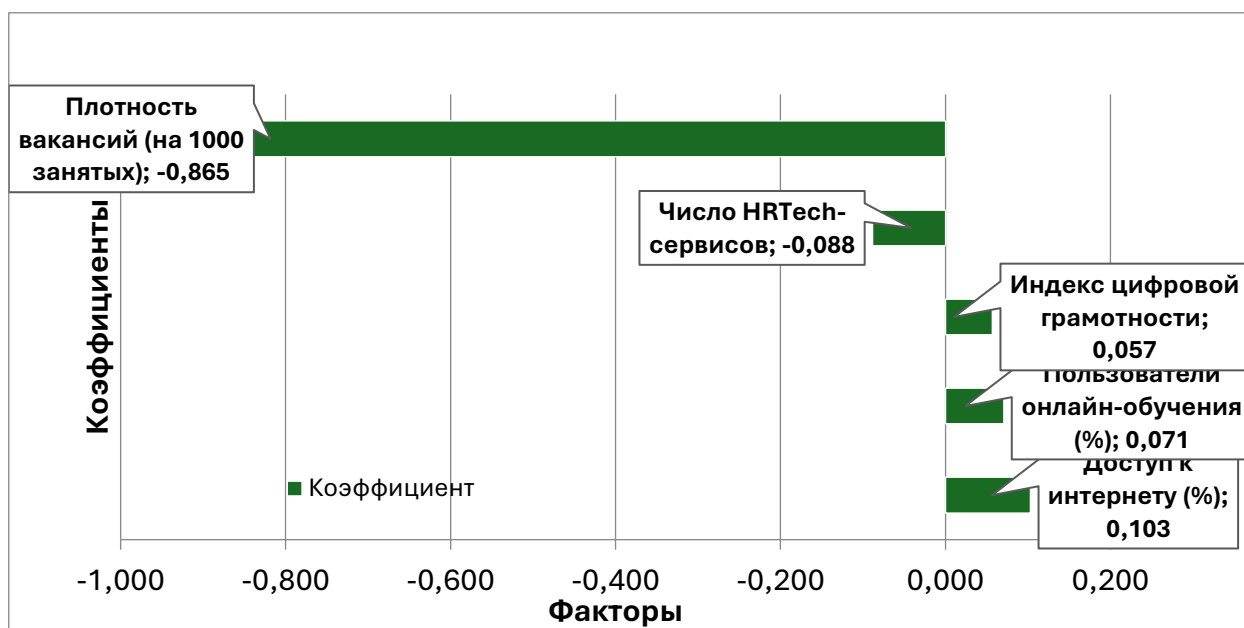


Рис. 2 Пространственная карта интенсивности цифровых факторов занятости

Составлено автором по данным [7], [8], [9], [10]

В регионах с ограниченной цифровой инфраструктурой и низкой цифровой грамотностью (например, Республика Тыва, Ингушетия) отмечаются более длительные сроки поиска работы и низкая представленность цифровых каналов. Здесь цифровая трансформация происходит фрагментарно, а ключевыми каналами подбора персонала остаются офлайн-механизмы и неформальные социальные сети.

Для углубления анализа проведена кластеризация регионов по совокупности показателей цифровой зрелости кадровых систем. Использован метод k-means с нормализованными переменными и эвристическим выбором числа кластеров по критерию силуэта. На основании данных Росстата, Минцифры и hh.ru [6-8] выделены две устойчивые группы: «цифрово развитые» (Москва, Санкт-Петербург, Республика Татарстан, Ханты-Мансийский АО, Калужская область и др.) и «цифрово уязвимые» (Республика Тыва, Ингушетия, Калмыкия, Забайкальский край и др.).

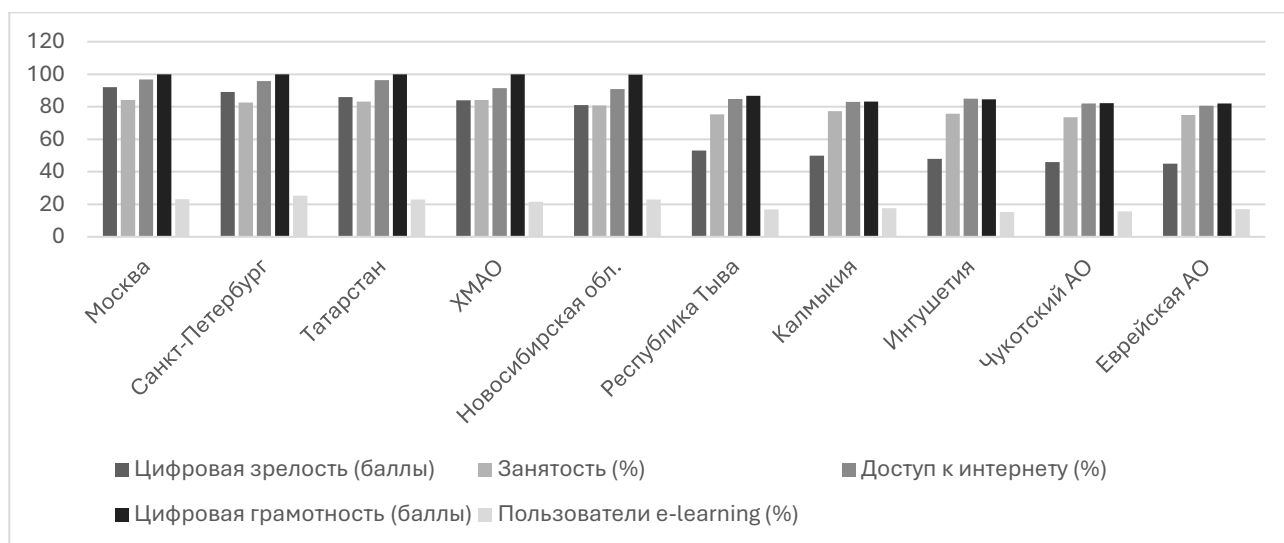


Рис. 3. Цифровая зрелость регионов в кадровой сфере

Составлено автором по данным [10], [11]

В первой группе зафиксированы более высокие показатели плотности онлайн-вакансий, доли трудоустроенных через цифровые каналы и уровня цифровой грамотности. Эти регионы характеризуются развитой ИКТ-инфраструктурой и активным участием населения в онлайн-обучении. Во второй группе наблюдается ограниченный доступ к интернету, низкая представленность HR-платформ и доминирование неформальной занятости.

Таблица 1

Зависимость групп регионов от критериев оценки

Критерий	Источник данных	Порог для «Цифрово развитого» региона	Порог для «Цифрово уязвимого» региона
Плотность вакансий на цифровых платформах (на 1000 занятых)	hh.ru, SuperJob	≥ 13	≤ 8
Доля трудоустроенных через платформы (%)	Опросы, региональные отчеты	$\geq 25\%$	$\leq 15\%$
Средняя длительность поиска работы (в неделях)	Росстат, Минтруд	$\leq 4,5$	≥ 7
Обеспеченность цифровыми HR-сервисами (число доступных платформ)	Отчёты субъектов РФ, Минцифры	≥ 4 платформы	≤ 2 платформы
Уровень цифровой грамотности населения	Минцифры РФ, РАНХиГС	Средний и высокий уровень	Низкий уровень

Составлено автором

Пороговые значения определены на основе медианных и квартильных разрезов по совокупности данных за 2023–2024 гг. (Росстат, hh.ru, Минцифры РФ).

Эмпирический анализ подтвердил гипотезу о положительной зависимости между уровнем цифровизации кадровых систем и показателями занятости: повышение индексов цифровой зрелости сопряжено с сокращением длительности поиска работы и увеличением доли формальной занятости. В «цифрово развитых» регионах средняя занятость превышает национальное значение на 5–7 п.п., тогда как в «уязвимых» отстаёт на 8–10 п.п. Соискатели из второй группы регионов чаще используют дистанционные и проектные форматы занятости, что способствует повышению трудовой мобильности и снижению структурной безработицы без необходимости физической миграции. Это подтверждает, что развитие цифровых кадровых систем может стать инструментом пространственного выравнивания и более равномерного распределения человеческого капитала.

Заключение

Проведённый анализ подтвердил, что уровень цифровизации систем управления персоналом связан с различиями в занятости между регионами России. Используемая экономико-математическая модель показала статистически значимое влияние цифровых факторов распространённости онлайн-платформ по поиску работы, уровня цифровой грамотности и участия населения в онлайн-обучении. Эти результаты указывают, что цифровая зрелость кадровых систем может рассматриваться как один из элементов региональной конкурентоспособности на рынке труда. Модель позволяет выявлять не только технологические, но и институциональные различия, влияющие на занятость. Учет таких параметров, как инфраструктурная обеспеченность, нормативные ограничения и квалификация специалистов, обеспечивает корректность оценки и возможность практического применения результатов. Разработанный подход может использоваться для мониторинга цифровой зрелости регионов, оценки эффективности государственных программ в сфере занятости и планирования инвестиций в развитие цифровых кадровых технологий. Для компаний модель может служить инструментом внутреннего анализа, позволяющим соотносить уровень цифровизации HR-процессов с производственными показателями.

Перспективным направлением дальнейших исследований является использование панельных данных и микроданных работодателей и соискателей, а также могут внести вклад в развитие теории пространственной экономики и цифрового управления персоналом. Это позволит уточнить причинно-следственные связи между цифровизацией и занятостью и оценить долгосрочные эффекты внедрения цифровых решений в управлении персоналом.

Список литературы

1. Басова Е.А. Цифровое неравенство российских регионов: современные проблемы и пути преодоления // Вопросы территориального развития. 2021. Т. 9. № 4. С. 1–17. DOI: 10.15838/tdi.2021.4.59.4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoye-neravenstvo-rossiyskih-regionov-sovremennye-problemy-i-puti-preodoleniya/viewer> (дата обращения: 12.10.2025).
2. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. М.: Государственный университет Высшая школа экономики, 2006. 495 с.
3. Земцов С.П., Демидова К.В., Кичаев Д.Ю. Internet diffusion and interregional digital divide in Russia: trends, factors, and the influence of the pandemic // Baltic Region. 2022. Т. 14, № 4. С. 57–78. DOI: <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2022-4-4>.
4. Колотилина М.А., Сорокин А.С. Цифровизация процессов управления персоналом // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 3. С. 130–136. URL <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-protssesov-upravleniya-personalom/viewer> (дата обращения: 12.10.2025).
5. Шелудяков И.С., Лебедева (Красса) Е.Н. Цифровое неравенство в регионах России: проблемы и пути их преодоления // Прогрессивная экономика. 2023. № 2. С. 23–43. DOI: 10.54861/27131211_2023_2_23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoye-neravenstvo-v-regionah-rossii-problemy-i-puti-ih-preodoleniya/viewer> (дата обращения: 12.10.2025).
6. Росстат. Использование населением информационных технологий и информационно-телекоммуникационных сетей, 2024: открытый набор данных. URL: <https://rosstat.gov.ru/opendata/7708234640-ИКТ2024v01> (дата обращения: 12.10.2025).
7. Минцифры России. Цифровизация субъектов Российской Федерации: официальный раздел. URL: <https://digital.gov.ru/activity/czifrovizacziya-gosudarstva/czifrovizacziya-subektov-rossijskoj-federaczii> (дата обращения: 12.10.2025).
8. ИСИЭЗ НИУ ВШЭ. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2024. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/892389163.pdf> (дата обращения: 12.10.2025).
9. Аналитический центр НАФИ. Индекс цифровой грамотности-2024: цифровая грамотность россиян не растёт третий год подряд. 29.01.2025. URL: <https://nafi.ru/analytics/indeks-tsifrovoy-gramotnosti-2024-tsifrovaya-gramotnost-rossiyan-ne-rastet-tretiy-god-podryad/> (дата обращения: 12.10.2025).
10. Росстат. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2024: статистический сборник. М.: Росстат, 2024. URL:

https://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2024.pdf (дата обращения: 12.10.2025).

11. Бриньолфсон Э., Макафи А. Вторая эра машин: работа, прогресс и процветание в эпоху блестящих технологий / пер. с англ. Нью-Йорк: W.W. Norton & Company, 2014. 306 с. ISBN 978-0393239355.

12. Kavanagh M.J., Johnson R.D. Human Resource Information Systems: Basics, Applications, and Future Directions. 5th ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2020. 672 p.

13. Sparrow P., Makram H. What is the value of talent management? Building value-driven processes within a talent management architecture // Business Research Quarterly. 2019. Vol. 22, No. 3. P. 129–139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brq.2019.05.001>.

ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODEL OF THE DIGITAL HUMAN RESOURCE MANAGEMENT SYSTEM: PREREQUISITES AND THE IMPACT OF HR PROCESSES ON REGIONAL EMPLOYMENT

Zueva Natalya Aleksandrovna

Innovation Director,

Rekadro Recruitment Agency,

Kaluga, Russian Federation;

Postgraduate Student, Department of Regional and Sectoral Economics, Synergy University,
Moscow, Russian Federation

Abstract. The article presents an economic and mathematical model of a Digital Human Resource Management System (DHRMS) developed on the basis of data on the digital transformation of HR processes in Russia. The study aims to provide a quantitative assessment of how the level of HR digitalization affects employment indicators across Russian regions. The paper considers macroeconomic, institutional, and technological preconditions for model development and systematizes the key factors that determine the architecture of a digital economic system for personnel management. The proposed model includes four interrelated blocks: HR function efficiency, digital maturity of HR systems, architectural characteristics, and contextual conditions. Using empirical data from 45 Russian regions, regression modeling was performed to estimate the relationship between HR digitalization indicators and regional employment levels. The results confirm a statistically significant relationship between the digital maturity of HR systems and the parameters of regional labor markets. The developed model can be used to diagnose the digital maturity of organizations, assess the effectiveness of HR digital transformation, and monitor the implementation of public programs in the field of employment and digital economy.

Key words: digital economy; human resource management; economic and mathematical model; employment; digitalization; regions; HR processes.

JEL Code: J21, J24, O15.

References

1. Basova, E.A. “Digital Inequality in Russian Regions: Current Problems and Ways to Overcome It.” Issues of Territorial Development. 2021. Vol. 9. No. 4. pp. 1–17. DOI: 10.15838/tdi.2021.4.59.4.

- Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-neravenstvo-rossiyskih-regionov-sovremennye-problemy-i-puti-preodoleniya/viewer> (Accessed: 12.10.2025).
2. Granberg, A.G. “Fundamentals of Regional Economics.” Moscow: State University Higher School of Economics, 2006. 495 p.
 3. Zemtsov, S.P., Demidova, K.V., Kichaev, D.Yu. Internet diffusion and interregional digital divide in Russia: trends, factors, and the influence of the pandemic // *Baltic Region*. 2022. Vol. 14, No. 4. pp. 57–78. DOI: <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2022-4-4>.
 4. Kolotilina M.A., Sorokin A.S. Digitalization of HR management processes // *Modern science-intensive technologies*. 2023. No. 3. pp. 130–136. URL <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-protseessov-upravleniya-personalom/viewer> (date of access: 12.10.2025).
 5. Sheludyakov I.S., Lebedeva (Krassa) E.N. Digital Divide in Russia's Regions: Problems and Ways to Overcome Them // *Progressive Economy*. 2023. No. 2. pp. 23–43. DOI: 10.54861/27131211_2023_2_23. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-neravenstvo-v-regionah-rossii-problemy-i-puti-ih-preodoleniya/viewer> (accessed: 12 October 2025).
 6. Rosstat. Use of Information Technologies and Information and Telecommunication Networks by the Population, 2024: Open Dataset. URL: <https://rosstat.gov.ru/opendata/7708234640-IKT2024v01> (accessed: 12 October 2025).
 7. Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation. Digitalization of the Subjects of the Russian Federation: Official Section. URL: <https://digital.gov.ru/activity/czifrovizacziya-gosudarstva/czifrovizacziya-subektov-rossijskoj-federaczii> (Accessed: 12 October 2025).
 8. HSE ISSEK. Digital Economy Indicators: 2024: Statistical Digest. Moscow: HSE University, 2024. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/892389163.pdf> (Accessed: 12 October 2025).
 9. NAFI Analytical Center. Digital Literacy Index 2024: Russians' Digital Literacy Has Not Improved for the Third Year in a Row. 29 January 2025. URL: <https://nafi.ru/analytics/indeks-tsifrovoy-gramotnosti-2024-tsifrovaya-gramotnost-rossiyan-ne-rastet-tretiy-god-podryad/> (accessed: 12.10.2025).
 10. Rosstat. Regions of Russia. Socio-economic indicators. 2024: statistical collection. Moscow: Rosstat, 2024. URL: https://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2024.pdf (accessed: 12.10.2025).
 11. Brynjolfsson E., McAfee A. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in the Age of Brilliant Technology* / trans. from English. New York: W.W. Norton & Company, 2014. 306 pp. ISBN 978-0393239355.
 12. Kavanagh M.J., Johnson R.D. *Human Resource Information Systems: Basics, Applications, and Future Directions*. 5th ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2020. 672 p.
 13. Sparrow P., Makram H. What is the value of talent management? Building value-driven processes within a talent management architecture // *Business Research Quarterly*. 2019. Vol. 22, No. 3. P. 129–139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brq.2019.05.001>.