

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

## THE INTELLIGENT INFORMATION SUPPORT OF DECISION-MAKING ON THE DEVELOPMENT OF HUMAN RESOURCES POTENTIAL OF AN INNOVATIVE ENTERPRISE

*D. Evsyukov*

*Summary.* The work is devoted to the problem of managing the human resource potential of an innovative enterprise in the digital economic environment. The aim of the work is to improve the information apparatus and decision support tools for the organization of retraining and advanced training of innovative enterprises, based on the identified potential in group retraining. Decisions are made on the basis of incomplete information and the use of deep learning neural networks with genetic tuning of parameters. The developed software tool is a modular structure that provides full instrumental support at all stages of the decision-making process in the management of industrial training.

*Keywords:* innovative enterprise; personnel management; professional development; decision support; system analysis; machine learning.

**Евсюков Дмитрий Юрьевич**

*Аспирант, Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет;  
Руководитель лаборатории «Цифровые платформы  
поддержки инженерных решений»  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва  
evsjob@yandex.ru*

*Аннотация.* Работа посвящена проблеме управления кадровым потенциалом инновационного предприятия в условиях цифровой экономической среды. Целью работы является совершенствование информационного аппарата и средств поддержки принятия решений по организации переобучения и повышения квалификации инновационных предприятий, на основе выявленного потенциала при групповом переобучении. Решения принимаются на основе неполной информации и использования нейронных сетей глубокого обучения с генетической настройкой параметров. Разработанное программное средство представляет собой модульную структуру, обеспечивающую полноценную инструментальную поддержку на всех этапах процесса принятия решений при управлении производственным обучением.

*Ключевые слова:* инновационное предприятие; управление персоналом; повышение квалификации; поддержка принятия решений; системный анализ; машинное обучение.

### Введение

Современное корпоративное развитие требует всестороннего исследования и выбора эффективной модели информационной поддержки предприятия, способной оптимизировать управление персоналом, развивать человеческие ресурсы и обеспечивать эффективную работу организации [1,2]. В контексте кадрового обеспечения инновационной экономики важными ее составляющими являются корпоративные человеческие ресурсы, технологии больших данных [3] и оптимизация конфигураций человеческих ресурсов для гибкой их реконфигурации [4]. Анализ данных и статистических показателей позволяет выявить потребности в определенных кадровых категориях и оптимизировать процессы подбора и обучения персонала. При этом, важно не только учитывать текущие потребности компании, но и прогнозировать будущие требования, связанные с внедрением новых технологий и развитием отрасли [5, 6]. Системный анализ помогает понять взаимосвязи между различными элементами в системе управления персоналом. Управление информацией играет ключевую роль в современном мире, особенно в контексте кадрового обеспечения. Средства доступа к актуальным и точным данным о персонале [7], их на-

выках, потенциале, образовании и опыте работы помогает лучше понять потребности компании и принимать обоснованные решения по управлению [1]. Применение соответствующего инструментария для правильного использования информации на основе сформированных трендов способствует оптимизации бизнес-процессов, созданию эффективных программ обучения и развития персонала [8].

### Методы исследования

Сложность интеллектуальной поддержки принятия решений в области человеческого капитала инновационных предприятий и его многогранный характер обуславливают большое количество подходов к его оценке, преимущественного носящих теоретический характер. Основой применения методологии является системный анализ и статистика, как научные методы исследования функций инновационных организаций [9, 10] по управлению знаниями. В рамках исследования предлагается комплексный подход оценки такого инновационного потенциала предприятий на основе разработанного инструментария, позволяющего провести диагностику существующего состояния уровня компетентности и сформировать карту группового распределения с при-

менением технологических подходов объяснимого искусственного интеллекта (ХАИ) на основе активационных карт. В процессе исследования были использованы количественные и качественные методы сбора и анализа данных и информации; методы аналитического, ситуационного анализа и синтеза, методы сравнительного анализа и методы принятия управленческих решений.

### Полученные результаты

Основной функцией системы интеллектуальной поддержки принятия решений является выбор фрагментов образовательных траекторий при групповом обучении для каждого работника, определении факторов, влияющих на эффективность общего распределения и прогнозирования оптимального \ рационального развития в интересах организации. Задача решается с применением методов классификации, комбинаторных методов и эвристической аппроксимации. В исследовании был использован язык программирования Python, вместе с его стандартными библиотеками, такими как NumPy, Pandas, SciPy, Scikit-learn, Numpy и др, а также интегрированная среда разработки PyCharm. NumPy предоставляет мощные функции линейной алгебры и мате-

матических операций. Pandas обеспечивает удобную работу с табличными данными, включая анализ, фильтрацию и объединение данных. Scikit-learn выбран с целью реализации интеллектуального анализа данных и предоставляет алгоритмы для управления процессами и формирования гипотез принятия решений. Для визуализации многомерных массивов данных применены библиотеки Plotly, Seaborn, Bokeh и другие.

Модульная структура системы включает шесть подсистем и представлена на рисунке 1.

Представленная совокупность программных компонентов считается эффективным инструментом для мониторинга производственного обучения (ПП и ПК). Предложенный подход основан на автоматизированном поиске весовых коэффициентов [11] и формировании отчетов, графиков анализа развития компетенций для принятия решений о распределении работников в оптимальные и рациональные группы. Схема взаимодействия моделей представлена на рисунке 2.

В данном исследовании проводилась работа с базой данных производственных предприятий, курсов и до-



Рис. 1. Структура компонентов системы поддержки принятия решений в производственном обучении (ИСППР РОС)

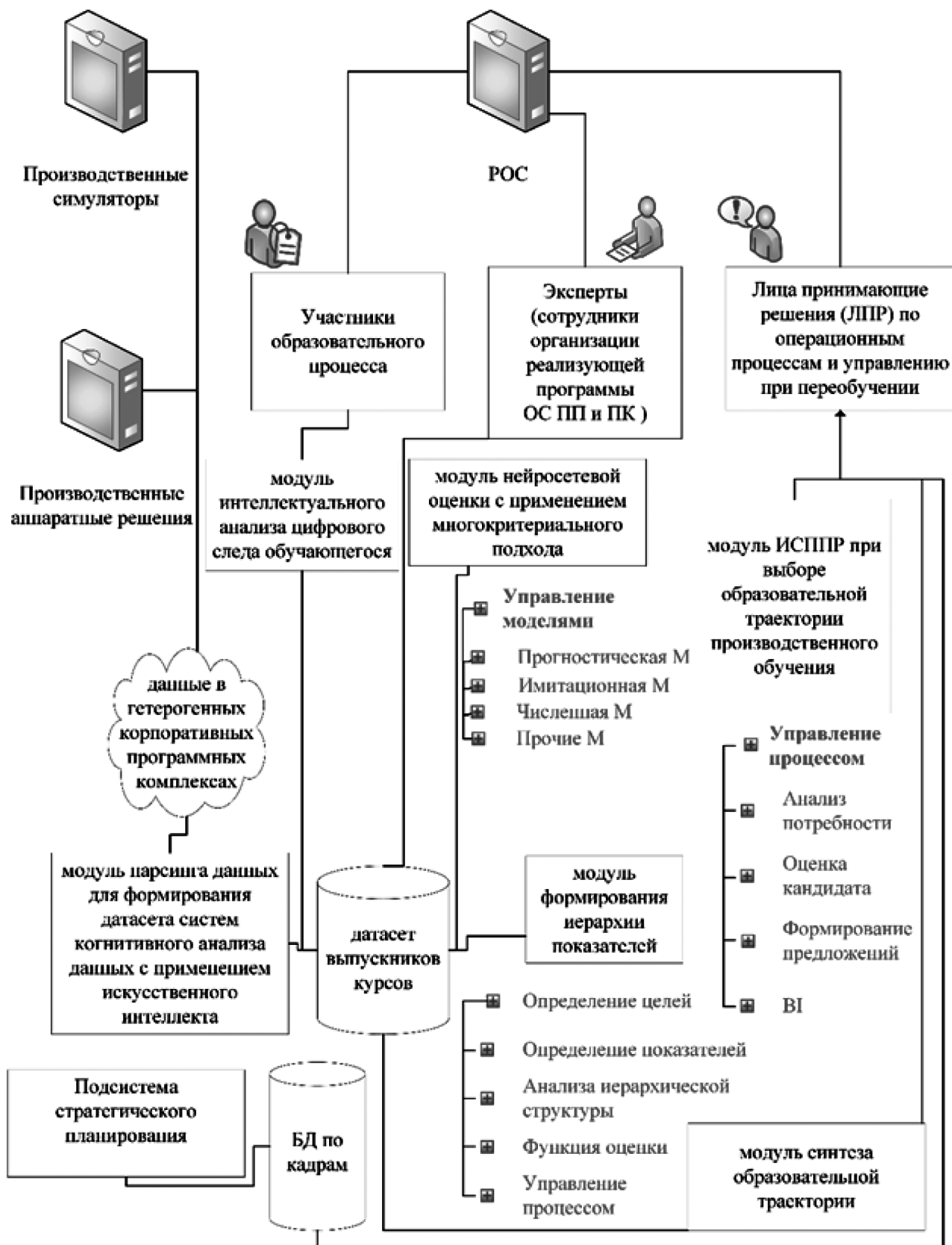


Рис. 2. Структурная схема взаимодействия компонентов ИСППР

стижений сотрудников. Общее количество записей составило около 1,7 млн за год.

Для формирования датасета мы отбирали записи с учетом признаков скорости реакции обучающихся, отклика на образовательные события, заинтересованности и результативности в образовательных модулях.

Данные были предварительно обработаны, проиндексированы по дате события и отсортированы.

Следующий инструмент — модуль парсинга, который фокусируется на обучающихся/работниках, являющихся объектом анализа в рамках процесса функционирования ИСППР ПП и ПК. Основной задачей этого модуля является сбор информации о успеваемости обучающихся, оценке освоенности знаний и уровня компетентности, выраженных в элементах: знаний, умений и навыков. Для достижения целей парсинга предлагается использовать нейросетевую технологию формирования оценок с многокритериальным подходом, описанным в статье [4], который обеспечивает более объективные результаты, чем стандартные методы, такие как средний балл или количество неудовлетворительных оценок.

На следующем шаге анализа применяется модуль формирования иерархии показателей для ПП и ПК квалификации, обладающий инструментарием ансамблирования LSTM сети для определения весовых коэффициентов отношений между освоенностью образовательной программы и компетентностными элементами (знать, уметь, владеть). Этот подход обеспечивает интерпретируемость результатов на разных уровнях иерархии и достигается многоэтапным подходом с выводом хранимых коэффициентов последовательностей ячеек памяти. Структура иерархии строится с учетом углубления специализации для определения ключевых идентификаторов из соответствующих отношений кортежей и значений атрибутов базы данных. Структура слоев LSTM сети представлена на рисунке 3.

Для оптимизации параметров модели ансамбля LSTM сетей, применяемых в классификации компетенций на основе оценок модулей, в данном исследовании используется эволюционный алгоритм. Процесс включает комбинацию параметров модели в популяции индивидуумов. Лучшие индивидуумы выбираются для следующего поколения с помощью турнирной селекции. Затем происходит размножение и мутация, чтобы получить новое потомство, комбинируя генетический материал от родительских индивидуумов. Замена предыдущей популяции происходит после каждого поколения, и шаги повторяются до достижения заданного числа поколений. 200–250 поколений.

В конце процедуры, выбирается индивидуум с наилучшей точностью модели, который представляет оп-

тимальные параметры LSTM сетей для данной задачи, рисунок 4.

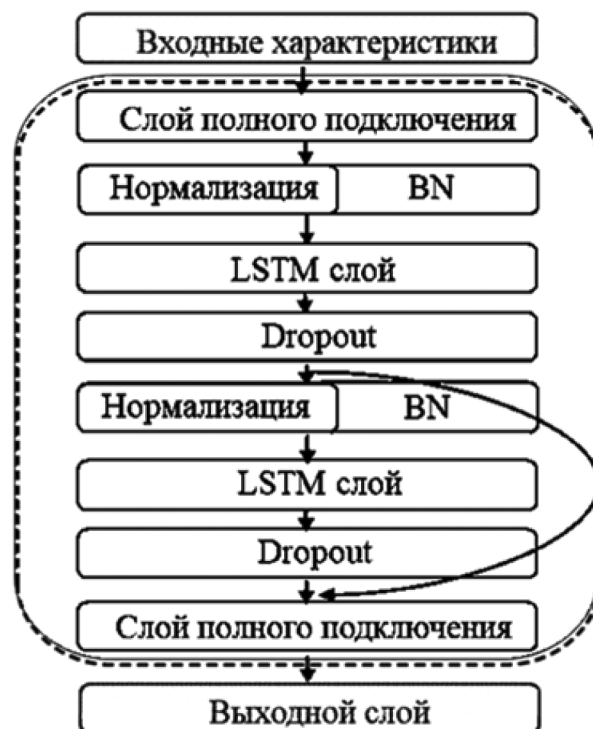


Рис. 3. Структура слоев LSTM сети

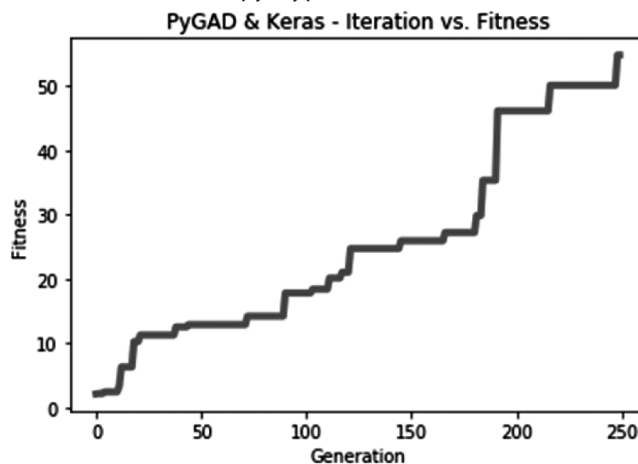


Рис. 4. Графическое представление результатов экспериментов по определению требуемого количества поколений алгоритма Холланда при генетической настройке параметров LSTM сети

Компонент ансамблевой структуры LSTM сети, с оптимальными параметрами, определенными с помощью генетического алгоритма (ГА) представлена на рисунке 5.

Для поддержания объяснимости сформированных решений, что актуально для чувствительных областей, таких как образовательный процесс, с учетом применения технологий искусственного интеллекта, был применён метод XAI, представляющий визуализации акти-

вазии LSTM моделей с использованием активационных карт. Эта интерактивная визуализация построенная на цветовой схема «jet», где цвета представляют уровень активации нейронов по вертикальной оси и временные шаги по горизонтальной оси, яркость цвета указывает на силу активации нейрона, что позволяет интерпретировать и понять, какие узлы и нейроны в сети активируются в разные моменты времени.

Для оценки предложенного в статье подхода и эффективности применения разработанного инструментария, проводился эксперимент, в рамках которого случайным образом созданы выборки, включающие различные наборы сотрудников (обучающихся) и профилей групп с углубленной специализацией, сформированы выборки из различных наборов сотрудников и групп с углубленной специализацией с численностью работников 50 и 100, объемом групп 5 и 10.

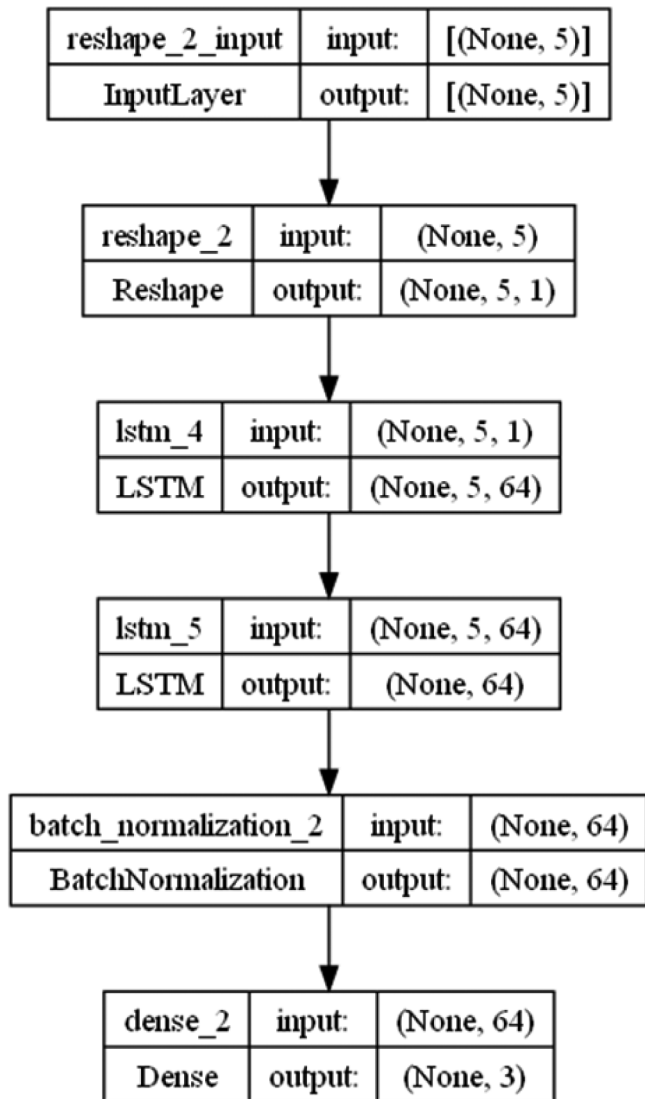


Рис. 5. Компонент ансамблевой структуры LSTM с оптимальными параметрами, определенными с помощью генетического алгоритма (ГА)

В результате эксперимента обнаружено, что при небольшом числе работников и групп, для назначения на узкоспециализированную группу лучше применять оптимальное решение, в соответствии в разработанным модифицированным Венгерским алгоритмом, учитывающим особенности неравенства позиций профилей и количества выпускников, обеспечивая более точные результаты, но требующем времени на расчеты (рисунокб). При сохранении количества работников в пределах 50 до 100 и удвоении количества групп, целесообразно применить рациональный подход, который все еще обеспечивает достаточную надежность не менее 90 %, но позволяет сократить временные рамки реагирования в пределах 53–75 %, от базовых значений, что актуально в динамичных условиях производственной среды. Результаты эксперимента по 10 группам в части создания инструментария интеллектуальной информационной поддержки принятия решений по развитию кадрового потенциала инновационного предприятия, представлены на рисунке 7.

**Заключение**

Разработанная система ИСППР осуществляет сбор и хранение информации, необходимой для проведения анализа и интеллектуальной информационной поддержки принятия решений по развитию кадрового потенциала инновационного предприятия. При этом полученные данные обрабатываются с использованием разработанных моделей и алгоритмов, которые базируются на нейросетевых и эволюционных подходах. Одной из главных особенностей системы является возможность объективной оценки уровня компетенций сотрудников на контрольных точках производственного курса.

Учитывая долгосрочные и краткосрочные динамические тенденции, групповую структуру оценки, был проведен вычислительный эксперимент по моделированию образовательных траекторий на производственных инновационных предприятиях на платформе крупного образовательного провайдера, подтвердивший достоверность и высокую степень надежности, составляющую не менее 90%, по формированию предложений оптимального (Венгерский алгоритм) \ рационального (метод Фогеля) распределения сотрудников на узкоспециализированные направления, отвечающие адекватным образом ценности данной позиции для работодателя.

В дальнейших исследованиях планируется расширить набор методов исследования, рассмотреть примеры реализации, тенденции и будущие перспективы данной области, влияние сформированных управляющих воздействий на эффективность развития кадрового потенциала.

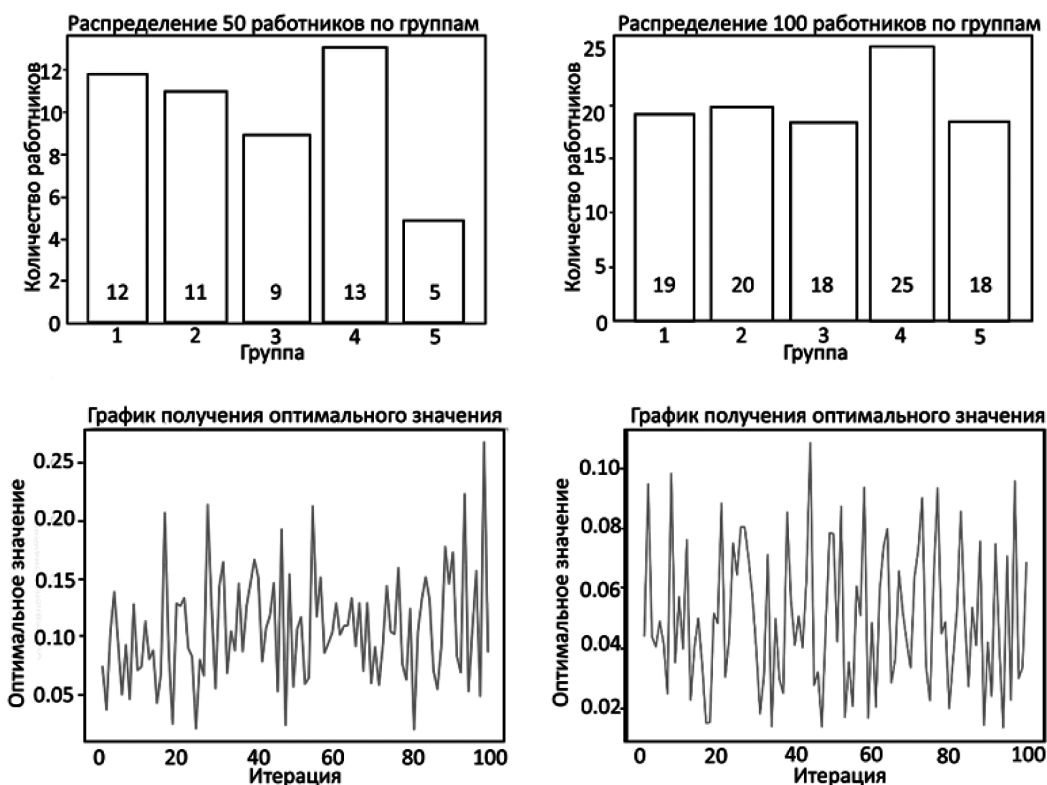


Рис. 6. Результаты эксперимента по 5 группам в части создания инструментария интеллектуальной информационной поддержки принятия решений по развитию кадрового потенциала инновационного предприятия

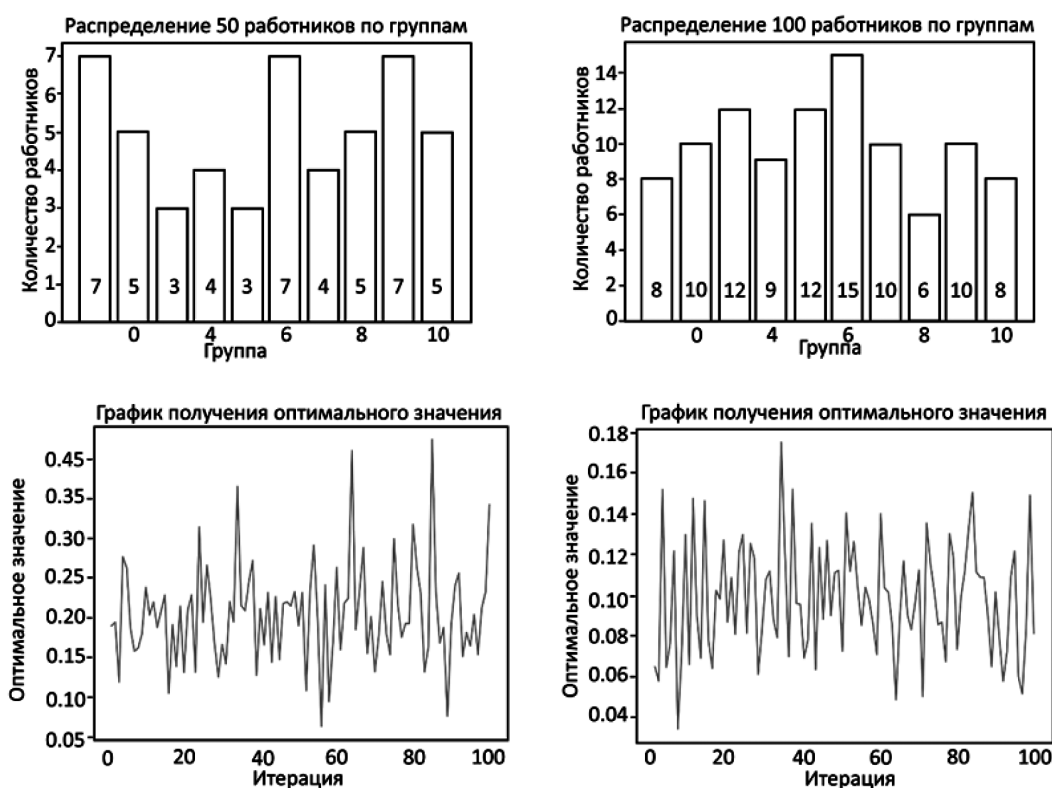


Рис. 7. Результаты эксперимента по 10 группам

## ЛИТЕРАТУРА

1. Васяйчева В.А. Система управления кадровым потенциалом промышленных предприятий в условиях инновационных перемен: роль, особенности и направления оптимизации // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. — 2021. — Т. 16, № 4. — С. 405–420.
2. Миндлин Ю.Б. Кластеризация промышленности как инструмент обеспечения конкурентных преимуществ национальной экономики: международный опыт и перспективы для России // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Экономика и право. — 2021. — № 11. — С. 64–70.
3. Барзюлевская А.Ф., Кондрашкин Д.А., Самойлов В.Е., Царегородцев А.В. Сравнение алгоритмов машинного обучения классификации интернет-публикаций // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. — 2021. — № 1. — С. 58–63.
4. Евсюков Д.Ю., Клесов Д.Н., Ломазов В.А., Гостищева Т.В. Поддержка принятия решений при управлении переподготовкой и повышением квалификации работников инновационных предприятий // Перспективы науки. — СПб. — 2023 г. — № 2(6). — С. 24–29.
5. Lomazov, V.A., Evsyukov, D.Y., Lomazova, V.A., Prokushev, Y.E., & Nesterova, E.V. Intellectual assessment of staff sufficiency for innovative development of the sustainable regional agro-industrial complex // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — IOP Publishing, 2022. — Vol. 981. — № 2. — P. 022064
6. Грачев Н.Н. и др. Особенности методики оценки экономической эффективности новой техники, эксплуатируемой с использованием облачных технологий // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. — 2021. — № 3. — С. 75–77.
7. Ostrovska, N.Y., Maliuta, L.Y., Sherstiuk, R.P., Lutsyuk, I.V., & Yasinetska, I. A. Development of intellectual potential at systematic paradigm of knowledge management // Scientific Bulletin of National Mining University. — 2020. — № 4.
8. Евсюков Д.Ю. Реализация концепции «Цифровой университет» в аграрном образовании на примере проекта «Электронный вуз» // Новые информационные технологии в образовании: сборник трудов XX Международной научно-практической конференции. — 2020. — С. 56–58.
9. Ломазов В.А., Нестерова Е.В. Критерии оценки инвестиционных инновационных проектов в сфере здравоохранения // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. — 2013. — № 4. — С. 155–159.
10. Правосудов Р.Н., Евсюков Д.Ю., Ломазов В.А., Бодина Е.Н. Автоматизация формирования содержания ОПОП ВО на основе профессиональных стандартов по требованиям ФГОС ВО 3++ как фактор цифровой трансформации образовательных систем // Информатика и образование. — 2021. — № 2. — С. 24–32.
11. Дмитриев М.Г., Ломазов В.А. Оценка чувствительности линейной свертки частных критериев при экспертном определении весовых коэффициентов // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2014. — № 1. — С. 52–56.

© Евсюков Дмитрий Юрьевич (evsjob@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»