

УДК 004.89:519.24 + 338.242(045)

¹*П. И. Комаров*, ²*П. А. Прохоренков*, ³*Г. З. Тищенко*

¹ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Смоленск, e-mail: PIKomarov@fa.rumailto:om.gusarova@mail.ru

²ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Смоленск, e-mail: prohpavel@yandex.ru

³ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Смоленск, e-mail: gztischenkova@fa.ru

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ФИНАНСОВУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПАНИИ

Ключевые слова: финансовая устойчивость компании, цифровая трансформация, программная модель, искусственная нейронная сеть, входные данные, статистическая выборка.

Статья посвящена разработке методики оценки влияния цифровых технологий на финансовые показатели деятельности компании. Цифровизация бизнес-процессов компаний и организаций сегодня является одним из основных трендов, обеспечивающим инновационное развитие и конкурентоспособность. В силу разнообразия компаний по размеру, сферам деятельности, условиям деятельности средства и методы цифровизации могут существенно отличаться. Внедрение тех или иных технологий не обязательно гарантирует успешность и финансовую стабильность компании. В силу этого оценка влияния цифровых технологий при принятии управленческих решений, связанных с внедрением инноваций, является актуальной задачей. Сложность такой оценки связана с наличием большого числа факторов, влияющих на экономические показатели деятельности компаний, при этом многие факторы не поддаются количественной оценке и могут быть оценены только в виде экспертных качественных оценок. Исследование проводилось на статистической выборке, содержащей информацию об уровне цифровизации бизнеса и о количестве банкротств по субъектам Российской Федерации. В качестве результирующего показателя, отражающего финансовую устойчивость компаний в целом по региону, в данной работе используется показатель количества банкротств. В качестве факторов влияния выбраны наиболее распространенные и массовые цифровые технологии: широкополосный интернет, ERP-системы, RFID-метки, облачные сервисы, системы электронных продаж, а также индексы цифровизации субъектов федерации. В процессе исследования для определения влияния цифровых технологий на финансовую устойчивость компании была разработана программная модель искусственных нейронных сетей (ИНС) в среде R Studio. В работе осуществляется выбор типа нейронной сети и расчет всех необходимых параметров настройки. Проведенные эксперименты позволили оптимизировать параметры сети с целью обеспечения наилучшей точности. Конечные результаты исследования подтвердили влияние цифровых технологий на устойчивость компаний.

¹*P. I. Komarov*, ²*P. A. Prokhorenkov*, ³*G. Z. Tishchenkova*

¹FGOBU «Finance University under the Government of the Russian Federation», Smolensk, email: PIKomarov@fa.ru

²FGOBU VO «Financial University under the Government of the Russian Federation», Smolensk, email: prohpavel@yandex.ru

³FGOBU VO «Financial University under the Government of the Russian Federation», Smolensk, email: gztischenkova@fa.ru

NEURAL NETWORK MODEL OF COMPANY

Keywords: financial stability of the company, digital transformation, software model, artificial neural network, input data, statistical sample.

The article is devoted to the development of a methodology for assessing the impact of digital technologies on the financial performance of a company. The digitalization of business processes of companies and organizations today is one of the main trends that ensure innovative development and competitiveness. Due to the diversity of companies in size, spheres of activity, operating conditions, the means and methods of digitalization can vary significantly. The introduction of certain technologies does not necessarily guarantee the success and financial stability of a company. Therefore, assessing the impact of digital technologies in making management decisions related to the implementation of innovations is an urgent task. The complexity of such an assessment is associated with the presence of a large number of factors affecting the economic performance of companies, while many factors cannot be quantified and can only be assessed in the form of expert qualitative assessments. The study was carried out on a statistical sample containing

information on the level of business digitalization and the number of bankruptcies in the constituent entities of the Russian Federation. The indicator of the number of bankruptcies is used in this work as a resultant indicator reflecting the financial stability of companies in the region as a whole. The most widespread and massive digital technologies were selected as influencing factors: broadband Internet, ERP systems, RFID tags, cloud services, electronic sales systems, as well as digitalization indices of the constituent entities of the Federation. In the course of the research, to determine the impact of digital technologies on the financial stability of the company, a software model of artificial neural networks (ANN) was developed in the R Studio environment. In the work, the type of neural network is selected and all the necessary settings are calculated. The experiments carried out allowed us to optimize the network parameters in order to ensure the best accuracy. The final results of the study confirmed the impact of digital technologies on the sustainability of companies.

Вопросы определения влияния цифровизации на функционирование и устойчивость компаний активно рассматриваются современными исследователями [1, 2]. Используемые в процессе данного исследования, технологии прогнозирования функционирования компаний в условиях активного внедрения цифровых технологий во все сферы экономической организации общества освещены в работах ряда авторов [3].

Цель исследования

Целью исследования является изучение возможности применения аппарата искусственных нейронных сетей для оценки влияния цифровых технологий на финансовую устойчивость российских компаний, а также возможности практического применения рассматриваемой методики.

Материалы и методы исследования

Управление современной компанией характеризуется усложнением управленческих процессов в условиях асимметричности информации, высокой динамичности рынков, усилением конкурентной борьбы. Эффективными и успешными в данных условиях могут быть только компании, которые своевременно определяют возникающие риски и принимают меры по нейтрализации имеющихся угроз, а в идеальном случае – способные предвидеть будущие проблемы и своевременно проводить мероприятия по их недопущению. Кроме того, в современные системы управления должны быть встроены инструменты, которые позволяют выявлять появляющиеся возможности и своевременно их использовать. Плодотворное решение руководством компаний указанных задач возможно только с использованием современных концепций и технологий.

Ужесточение конкуренции, тенденции современной экономики (глобализация, повышение публичности бизнеса, сокращение жизненного цикла продуктов, ускорение научно-технического прогресса, цифровизация) способствовали ускорению развития как теории, так и практики управления компаниями, появлению новых методов. Цифровизация и использование компьютерных технологий при принятии управленческих решений уже демонстрируют положительный опыт и результат.

Одним из трендов развития современной экономики в целом и ее субъектов в частности является интенсивное внедрение цифровых технологий во все бизнес-процессы. Несмотря на происходящие трансформации условий деятельности компаний, одним из основных показателей их эффективности как в долгосрочной, так и в краткосрочной перспективе является финансовая устойчивость. В качестве информационной базы оценки финансовой устойчивости используется бухгалтерская и управленческая отчетность компании, на основании которых рассчитываются абсолютные и относительные показатели финансовой устойчивости. Как правило, оценка финансовой устойчивости – это комплексная процедура, выполняемая на основании расчетов ряда показателей, каждый из которых характеризует отдельные составляющие финансовой устойчивости, такие как:

- соотношение собственных и заемных средств;
- текущую ликвидность;
- обеспеченность компании собственными оборотными средствами и ряд других.

С точки зрения уровня финансовой устойчивости принято выделять

абсолютную устойчивость (АУ), достаточную (ДУ), неустойчивое (НС) и кризисное состояние (КС). Отнесение анализируемого объекта исследования к одному из четырех типов финансовой устойчивости осуществляется путем анализа рассчитанных значений коэффициентов. Оценка текущего состояния финансовой устойчивости является важной задачей в деятельности любой компании, но еще более важной задачей является оценка влияния уровня зрелости и инновационности бизнес-процессов на экономические показатели в стратегической перспективе.

Высокие темпы развития компьютерной техники и интенсивное внедрение компьютерных технологий во все сферы бизнеса привели к массовой цифровизации имеющихся бизнес-процессов и созданию принципиально новых, основанных на цифре технологий. Успехи теории программирования и разработки сложных управленческих систем способствовали внедрению в практику экономических исследований аналитических информационных систем и технологий.

Хронологически первыми стали применяться системы управления ресурсами компании (ERP-системы), целью внедрения которых была оптимизация эксплуатации оборудования, планирование потребностей в ресурсах различного рода и рациональное их использование. В своем развитии ERP-системы прошли несколько этапов, менялись технологии и принципы их построения.

По мере развития систем управления стало очевидным, что информации, получаемой посредством ERP-систем, становится недостаточно. Кроме того, стратегические управленческие решения уже не укладываются в рамки возможностей ERP-систем. Следствием чего стало появление систем управления эффективностью бизнеса (BPM-систем). Такие системы, реализуя процессно-ориентированный подход, обеспечивают повышение качества оценки компанией собственного состояния и управления эффективностью своей деятельности, объединяя в единую среду управления владельцев, менеджеров, персонал и внешних партнеров.

Однако, как показала практика, основные трудности разработки программных комплексов для управления компаниями заключаются в сложности применения этих систем. Возникающие проблемы успешно разрешаются при использовании аппарата искусственного интеллекта: систем обработки знаний, нейросетевых технологий, генетических алгоритмов, нечеткой логики, имитационного моделирования. Нейронные сети могут быть использованы для прогнозирования показателей производственно-хозяйственной деятельности компаний, так как позволяют использовать ранее накопленную информацию; позволяют на основании обработки накопленной информации прогнозировать значения выходной переменной по заданным значениям входных переменных.

Следует отметить, что аналитическая оценка степени влияния различных факторов на финансовую устойчивость встречает целый ряд трудностей. Как отмечается в ряде исследований [4, 5], основные трудности заключаются в сложности этого вида деятельности. Проблемные моменты связаны с интерпретацией показателей, описывающих состояние объекта исследования, их взаимосвязь, субъективизм, в то время как цена ошибки при принятии решений может быть очень велика. При этом установлено, что значительная часть ошибок носит объективный характер и вызваны они большим числом показателей, описывающих состояние объекта, когда исследователь-аналитик испытывает трудности при выборе основных показателей и не может их адекватно проанализировать, или недостаточной информативностью показателей, представляющих зачастую набор плановых показателей и фактические отклонения от них.

Многие из вышеуказанных проблем могут быть исключены, если в используемую систему управленческого учета внедрить искусственный интеллект. Тогда оценки состояния объекта управления и управленческие решения будут приниматься не только на основе учетных данных, но и с учетом аппарата искусственного интеллекта, который позволит проанализировать причинно-следственные связи, а как итог – будет отражать сложившееся целостное состояние объекта анализа.

Таблица 1

Структура статистической выборки

Переменные	Содержательный смысл переменных
Bankrt	Зависимая переменная Количество банкротств компаний
Digit_Ind	Входная переменная Индекс цифровизации
Internet	Входная переменная Удельный вес компаний в общем количестве компаний, имеющих доступ к широкополосному Интернету
Servis	Входная переменная Удельный вес компаний в общем количестве компаний, использующих облачные сервисы
RFID	Входная переменная Удельный вес компаний в общем количестве компаний, использующих технологии радиочастотной идентификации
ERP	Входная переменная Удельный вес компаний в общем количестве компаний, использующих ERP-системы
E_Market	Входная переменная Удельный вес компаний в общем количестве компаний, использующих технологию электронных продаж

В таких системах результаты исследования можно формировать не только на основе учетных и прогнозных данных, но с использованием экспертных знаний.

Использование систем искусственного интеллекта при изучении экономических объектов позволяет интегрировать целый ряд разнородных и порой плохо структурированных данных, таких как:

- объективные учетные данные;
- наработанный опыт управления, причем опыт не только действующей команды или конкретного менеджера, но и опыт предшественников;
- субъективные и объективные факторы внешней среды.

Разнообразие аналитических задач при изучении экономических объектов определяет использование различных алгоритмов и методов анализа. Для решения неформализованных задач весьма эффективным инструментом стали системы обработки знаний на основе экспертных систем. Их применение обосновано там, где невелико число входных параметров и правил вывода, а в процессе эксплуатации заложенный в систему алгоритм не подвергается существенным изменениям.

Если же при решении неформализованной задачи информационная база динамически меняется, необходимо использовать самообучающиеся экспертные системы, разработанные на основе аппарата искусственных нейронных сетей (ИНС). Достоинствами нейронных сетей являются:

- в отличие от традиционных компьютеров ИНС не нуждается в программировании;
- работа в параллельном режиме;
- способность к самообучению;
- возможность проведения модельных экспериментов;
- высокая надежность и быстрое действие.

ИНС представляет собой математическую модель, а также ее программную или аппаратную реализацию, построенную по тем же принципам, что и сеть биологических нейронов живых организмов, а именно – систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Каждый из процессоров периодически получает сигналы извне или от соседних нейронов и передает сигналы соседним нейронам или во внешнюю среду. Тем не менее, такая сеть, если она объединяет достаточное количество ней-

ронов, при определенных условиях способна реализовывать достаточно сложные задачи.

Основные задачи, решаемые искусственными нейронными сетями в системах поддержки управленческих решений, – это задачи анализа и прогноза. В данной статье рассматривается возможность использования ИНС для построения модели, отражающей влияние факторов цифровизации на финансовую устойчивость компаний.

Исследование проводилось на статистической выборке, содержащей информацию об уровне цифровизации бизнеса и о количестве банкротств по субъектам Российской Федерации [6, 7]. В таблице 1 представлена структура данных статистической выборки, исходя из расчета по субъекту федерации.

Использование методов ИНС предполагает выполнение ряда условий. Используемая статистическая выборка должна удовлетворять требованию репрезентативности: количество строк выборки должно удовлетворять соотношению:

$$K \geq 7V + 15,$$

где K - количество строк в выборке;

V - количество входных переменных.

Для рассматриваемого случая $V = 6$, таким образом, $K = 84 > 7*6+15=57$.

Результаты исследования и их обсуждение

Российские компании сталкиваются с тем, что внедрение технологий цифровизации происходит все возрастающими темпами в формирующейся парадигме Индустрии 4.0. В последние годы как со стороны ученых, так и со стороны практиков наблюдается повышенный интерес к автоматическому анализу финансовых отчетов компаний для извлечения информации в целях повышения результативности деятельности компании. В связи с этим многие исследователи задаются вопросом, какие из внедряемых технологий воздействуют на финансовую устойчивость компаний, и имеет ли это воздействие первостепенное значение для получения конкурентных преимуществ и устойчивого развития компаний. Использование цифровых технологий и финансовая устойчивость компаний часто взаимосвязаны, но эта связь не до конца изучена.

В процессе исследования для определения влияния цифровых технологий на финансовую устойчивость компании была разработана программная модель ИНС в среде R Studio. Разработка модели на основе ИНС требует полной и достоверной информации. С целью разработки модели возможно использование различных данных, однако невзирая на то что эти данные обязаны удовлетворять условиям статистической значимости. Разработанная модель должна применяться только в отношении тех условий экономической ситуации, данные о которых легли в основу модели.

Обучение ИНС заключается в настройке весов межнейронных связей таким образом, чтобы входной набор данных, проходя по сети, преобразовывался в нужный выходной набор. Обучение производится на так называемой обучающей выборке (Training set), представляющей собой часть статистической выборки.

После этапа обучения проводят оценку качества обучения. Для этого используют тестирующую выборку (Testing set), которая по своей структуре идентична обучающей выборке. Но на этапе тестирования ИНС на вход подается тестирующий набор, и сеть сама, производя обработку данных, выдает выходной набор, который сравнивается с выходным набором тестирующей выборки.

При разработке модели статистическая выборка была пересортирована случайным образом и разделена на обучающую и тестирующую в соотношении 60 строк – обучающая и 24 строки – тестирующая.

Формула для расчета необходимого количества синаптических весов нейронной сети следует из теоремы Колмогорова – Арнольда – Хехт-Нильсена:

$$\frac{N_y * Q}{1 + \log_2 Q} \leq N_w \leq N_y * \left(\frac{Q}{N_x} + 1 \right) * (N_x + N_y + 1) + N_y, (1)$$

где N_x – количество нейронов входного слоя (входных переменных);

N_y – количество нейронов выходного слоя (выходных переменных);

Q – количество элементов обучающей выборки;

N_w – необходимое число синаптических связей.

Тогда число нейронов скрытого слоя N может быть определено из формулы:

$$N = \frac{N_w}{N_x + N_y}, \quad (2)$$

Подставив в формулу 1 значения переменных, получаем, что число синаптических связей нейронной сети находится на отрезке [9; 89]. Тогда число нейронов в скрытом слое по формуле (2) принадлежит интервалу [2; 12]. На практике число нейронов в скрытых слоях

выбирают в пределах от $N_x / 2$ до $3 * N_x$, и, как правило, их число определяется ошибкой, получаемой на этапе обучения сети.

В соответствии с теоремой Колмогорова – Арнольда – Хехт-Нильсена нейронная сеть построена как двухслойный персептрон с одним скрытым слоем с сигмоидными активационными функциями. При разработке ИНС с использованием программного продукта R Studio использовались библиотеки neuralnet и nnet.

В процессе исполнения программы моделирования выводится графическое изображение ИНС с весовыми коэффициентами (рисунок 1).

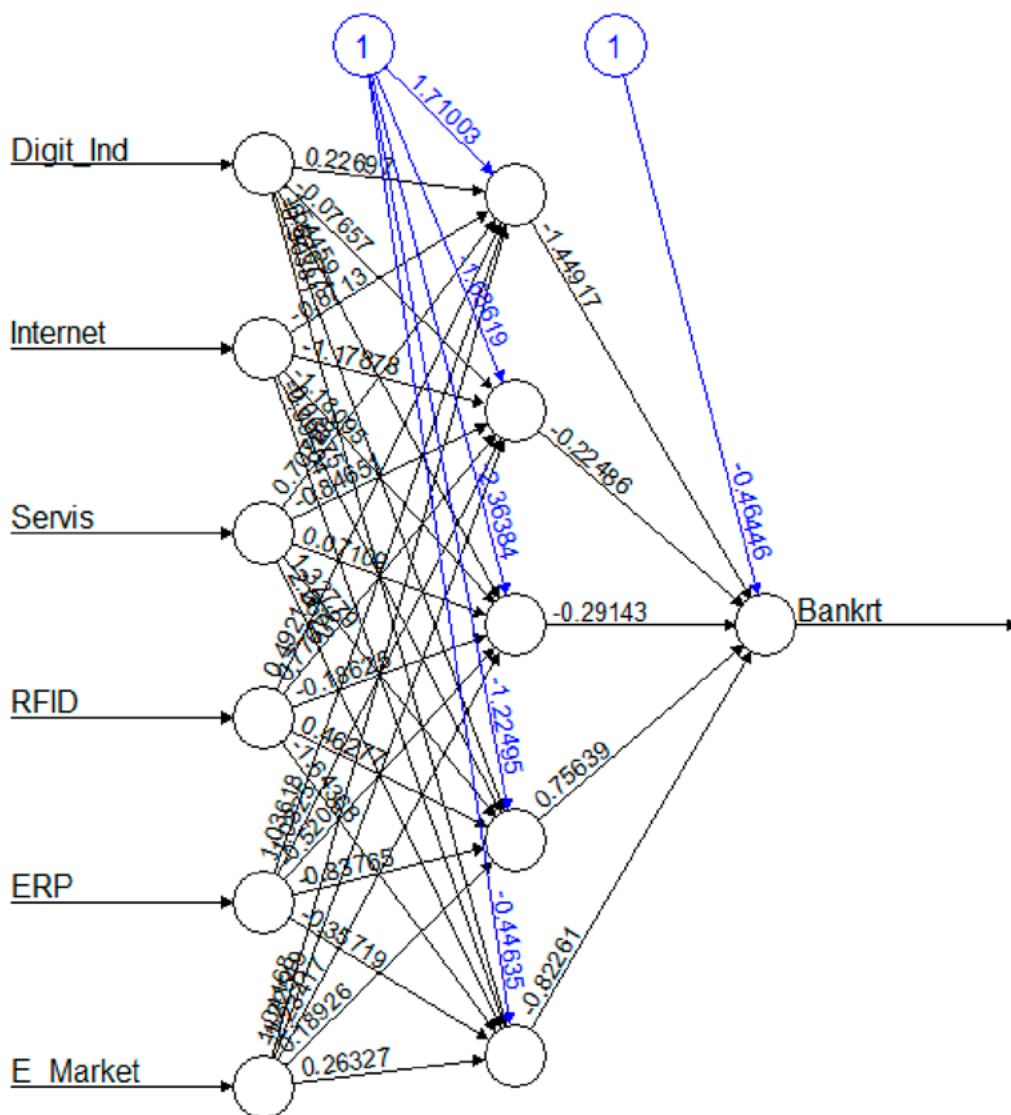


Рис. 1. Искусственная нейронная сеть с пятью нейронами в скрытом слое

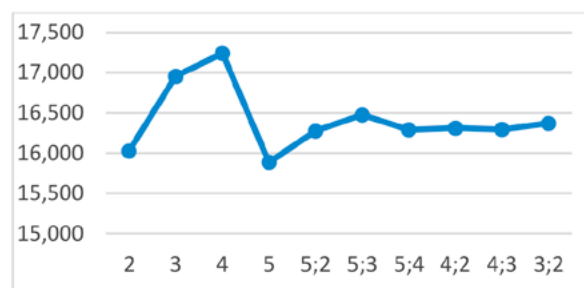


Рис. 2. Зависимость ошибки от числа нейронов в скрытом слое

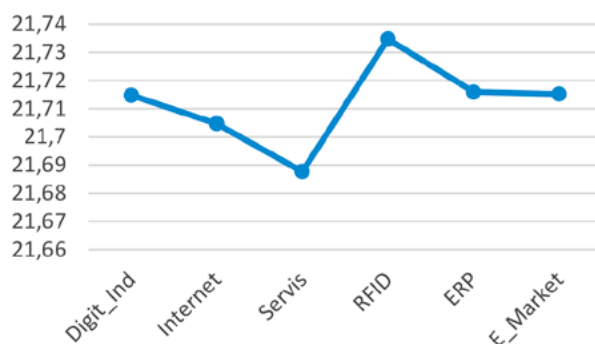


Рис. 3. Влияние факторов

Также возможно изменить число нейронов в скрытом слое для подбора.

С целью оценки меры погрешности целесообразно использовать следующую формулу:

$$\delta = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i^t - y_i^p)^2}$$

где σ – погрешность оценки;
 n – объем тестирующей выборки;
 y_i^t – количество банкротств из тестирующей выборки;
 y_i^p – количество банкротств, полученное ИНС на тестирующем наборе.

Полученная зависимость значения ошибки модели от числа нейронов в скрытом слое приведена на рисунке 2.

Как видно из графика, наименьшее значение ошибки достигается при числе нейронов в скрытом слое равном 5.

При использовании модели на основе ИНС, осуществим ее исследование, в частности, рассмотрим влияние входных факторов на количество банкротств. С этой целью осуществляется поочередное исключение входных факторов и последующая оценка погрешности модели.

Результаты исследования представлены на рис. 3.

Как видно из представленного графика все рассмотренные факторы в одинаковой степени (с точностью до второго знака после запятой) влияют на количество банкротств.

С учетом того, что многие современные компании находятся в процессе перехода на цифровые технологии [8, 9] предлагаемая методика, основанная на применении ИНС, может найти применение в практической деятельности аналитических подразделений компаний.

Выводы по результатам исследования:

- на основе искусственной нейронной сети разработана модель, позволяющая оценивать влияние цифровых технологий на финансовую устойчивость российских компаний;

- исследовано влияние входных факторов на финансовую устойчивость российских компаний;

- осуществлен анализ точности модели оценки влияния цифровых технологий на финансовую устойчивость российских компаний в зависимости от входных факторов.

Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных за счет бюджетных средств по государственному заданию Финуниверситета.

Библиографический список

1. Мисник А.Е., Борисов В.В. Композиционное нейросетевое моделирование сложных технических систем // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2016. № 7. С. 39-46.
2. Ясницкий Л.Н. Нейронные сети – инструмент для получения новых знаний: успехи, проблемы, перспективы // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2015. № 5. С. 48–56.
3. Ясницкий Л.Н. Интеллектуальные системы. М.: Лаборатория знание, 2016. 221 с.
4. Борисов В.В., Федулов Я.А., Федулов А.С. Модель оценки качества финансового менеджмента в бюджетных отраслях экономики // Энергетика, информатика, инновации – 2015: сборник трудов V Международной научно-технической конференции: в 2 томах / Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Московский энергетический институт), филиал в г. Смоленске. 2015. С. 88-95.
5. Черкасова В.А., Слепушенко Г.А. Влияние цифровизации бизнеса на финансовые показатели российских компаний // Финансы: теория и практика. 2021. № 25 (2). С. 128-142. DOI: 10.26794/2587-5671-2021-25-2-128-142.
6. Абдрахманова Г.И., Вишневецкий К.О., Гохберг Л.М. и др. Индикаторы цифровой экономики: 2020: статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ, 2020. 360 с.
7. Банкротства в России: итоги 2020 года. Статистический релиз Федресурса. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fedresurs.ru> (дата обращения: 14.09.2021).
8. Haykin S. Neural networks: A comprehensive foundation (2nd ed.). New Jersey: Prentice Hall International, Inc, 1999. 1103 p.
9. Галимова М.П. Готовность российских предприятий к цифровой трансформации: организационные драйверы и барьеры // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2019. № 1. С. 27-37. DOI: 10.17122/2541-8904-2019-1-27-27-37.