

РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ

О.В. Логиновский¹, А.А. Максимов², С.А. Золотых^{1, 3}, В.О. Логиновская^{1, 4}

¹ Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия,

² Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации VII созыва, г. Москва, Россия,

³ Министерство информационных технологий, связи и цифрового развития Челябинской области, г. Челябинск, Россия,

⁴ Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, г. Москва, Россия

Анализ современных технологий, методов и моделей, используемых в различного рода организационных и корпоративных структурах, убедительно доказывает, что совершенствование подготовки и принятия решений по управлению этими структурами осуществляется в настоящее время в основном на базе зачастую устаревших и не вполне соответствующих современным возможностям вычислительной техники, а также информационного, программного и математического обеспечения разработок. В статье показано, что в современных условиях глобальной нестабильности в мире возникает необходимость использования адекватных методов анализа данных и подготовки принятия управленческих решений по развитию организационных и корпоративных структур. Представлены предложения и рекомендации по совершенствованию процессов аналитической обработки данных, извлечения полезной информации из больших объемов данных, находящихся в соответствующих организационных и корпоративных системах, а также предложены адекватные математические модели и алгоритмы, которые с успехом могут быть использованы для повышения качества управленческих решений руководством компаний. **Целью исследования** является формирование методов и моделей анализа стратегических альтернатив по развитию организационных и корпоративных систем с использованием концепции больших данных, технологий извлечения необходимой информации из имеющихся банков данных и др. **Материалы и методы.** Методы исследования базируются на современных информационно-аналитических технологиях, методах data science и разработанных авторами моделях анализа стратегических альтернатив по развитию организационных и корпоративных систем. **Результаты.** Представленные в статье научные положения и разработки можно использовать для повышения эффективности управления в различных информационно-аналитических системах для разнообразных управленческих структур. **Заключение.** Результаты исследования, изложенные в данной статье, дают возможность производить качественный анализ данных, моделировать варианты работы организационных и корпоративных структур в оперативном режиме, что позволяет повысить эффективность управления их развитием на основе сравнения альтернативных вариантов управленческих решений.

Ключевые слова: информация, анализ данных, принятие управленческих решений, математические методы и модели, альтернативные варианты.

Введение

Увеличение финансово-экономической нестабильности в мире, принятие различного рода санкций странами Запада по отношению к нашей стране, а также возрастание конкуренции на международных рынках и многие другие факторы, приводящие к увеличению неопределенности в деятельности различных организационных финансово-экономических систем и производственных корпораций еще более повысили значимость проблемы повышения эффективности и гибкости управления в указанных системах. Все это вызывает необходимость разработки новых методов и моделей повышения качества управления в организационных и корпоративных структурах, базирующихся на адекватных математических моделях анализа и выбора вариантов поведения упомянутыми системами.

Очень важно при этом добиться таких алгоритмов выбора стратегических и тактических альтернатив поведения компаний, которые давали бы возможность их руководству в полной мере использовать разработанные математические модели и исходные данные для подготовки принятия управленческих решений.

Если в условиях стабильного развития экономики подобная задача не была столь важна, то при постоянно меняющихся тенденциях и трендах мировых рынков необходимость качественного анализа и обоснованного выбора управленческих альтернатив по развитию организационных и корпоративных систем приобретает ключевое значение.

Следует отметить, что многие математические модели и алгоритмы подготовки управленческих решений, разработанные до недавнего времени, не могут быть использованы в современных условиях политической, экономической, финансовой и социальной нестабильности, как не позволяющие достаточно быстро и обоснованно осуществлять анализ показателей деятельности организационных и корпоративных структур, а также производить оценку и выбор различных альтернатив по их развитию.

1. Методы и модели, используемые на практике для повышения эффективности работы организационных и корпоративных систем

Управление современными организационными и корпоративными системами, функционирующими в условиях глобальной нестабильности, ставит перед их руководителями задачи значительного повышения эффективности и гибкости управления, а также обоснованности принимаемых управленческих решений по их развитию при обеспечении требуемого качества анализа больших объемов информации. Указанные соображения вынуждают руководство указанных структур осуществлять подготовку и принятие управленческих решений на базе реалистически-адекватных математических моделей, методик, технологий увеличения гибкости и новых средств представления данных, а также методов их обработки.

Ряд научных публикаций последних лет в области оптимизации деятельности промышленных предприятий, корпораций и различного рода организационных систем на основе методов математического моделирования, интегрированных в корпоративные информационные системы, подробно рассматривают вопросы оптимизации затрат предприятий или других факторов их функционирования [1–6, 8–15, 17, 18, 20, 22–24, 26–32, 34–37].

Анализ указанных работ показывает, что предложенные в них модели и механизмы повышения эффективности управления базируются, кроме того, на использовании новых информационных технологий, экспертных систем, методов компьютерного имитационного моделирования и т. д.

Использование методов математического моделирования не только оказывает положительное влияние на точность и обоснованность принятия управленческих решений, но и позволяет значительно улучшить гибкость управления в организационных и корпоративных системах, а также скорость реакции его руководства на вновь возникающие факторы, что обеспечивает эффективность работы организации и компании в условиях нестабильности.

Указанные работы вместе с другими теоретическими разработками образуют совокупность современных математических моделей, которые могут быть использованы в практике работы современных организационных и корпоративных структур, в том числе формирующих свои управленческие решения на основе анализа динамики системы показателей деятельности компании и тенденций их изменения на перспективу.

При этом наиболее перспективными системами, предназначенными для внедрения математических моделей оптимизации работы промышленных предприятий, организаций и корпораций, на протяжении последнего десятилетия остаются интегрированные корпоративные системы, комбинирующие различные базы данных и вычислительные инструменты предприятия в единый механизм, такие как, например, системы класса ERP.

Тем не менее развитие информационных технологий и унификация методов проектирования систем, интерфейсов интеграции и подходов к разработке программного обеспечения значительно упрощают как использование имеющихся, так и разработку новых специализированных модулей, направленных на решение конкретных управленческих задач с использованием уникальных методик и математических инструментов.

При этом важно осуществлять доработку интегрированных систем организаций и предприятий. Это в свою очередь требует качественного методического обеспечения всех соответствующих процессов и процедур.

Следует отметить, что для многих формализованных моделей разработанные методики их использования в ряде случаев не вполне могут быть адаптированы для практического применения для конкретных управленческих структур, а аспекты их внедрения могут основываться лишь на экспертных оценках.

Одним из примеров таких моделей являются когнитивные карты – субъективные представления аналитиков и экспертов о динамике процесса, формализованные в виде знакового графа. Хотя такие системы и создаются методом экспертной оценки, даже длительная их настройка не позволяет повысить точность представления данной субъективной модели реального процесса, что является общей характерной чертой слабо формализованных методов моделирования.

До последнего времени для аналитиков и руководителей организаций и корпораций подобные модели были единственным возможным формализованным представлением о положении дел в компании и тенденциях, позволяющих прогнозировать и анализировать динамику ситуаций.

Однако результаты, полученные с помощью использования данного инструмента, зачастую страдают чрезмерной абстрактностью или противоречивостью и допускают множественные интерпретации. Поэтому такие решения можно принимать лишь в качестве ориентиров, своеобразных маяков в интеллектуально-аналитической деятельности руководителя. Тем не менее и в России, и за рубежом в последние годы разрабатываются информационные системы анализа ситуации и поддержки управленческих решений, использующие подобные и другие слабо формализованные методы моделирования.

С другой стороны, распространение информационных технологий и рост вычислительных мощностей вывел формализованные методы математического моделирования на новый этап развития. Такие методы фокусируются на обработке доступной числовой информации с помощью инструментов статистического анализа, моделей корреляционно-регрессивного анализа, моделей прогнозирования временных рядов, линейного программирования, нелинейного программирования и моделей многокритериальной оптимизации.

В целом интеллектуальные ресурсы и информационно-вычислительная инфраструктура корпорации, как правило, позволяют обеспечить дополнительные преимущества при использовании указанных моделей, в том числе при оперативном применении методов анализа чувствительности ключевых факторов и прогнозов в реальном времени, быстром расчете многомерных управленческих задач с передачей результатов моделирования в другие информационные системы и модули предприятия, а также представлении полученных данных стандартными (уже имеющимися в организации) средствами визуализации информации.

Основным преимуществом данного подхода является обоснованность выбранных оптимальных управленческих альтернатив, которая необходима руководству корпорации при работе в условиях нестабильности мировых рынков. В таких ситуациях значительно возрастает частота использования руководством компаний интуитивных методов управления, особенно в тех случаях, когда процессы, происходящие в компаниях, или тренды показателей их деятельности отличаются своеобразием, неповторимостью или даже уникальностью.

Таким образом, способность используемых математических моделей и методов подстраиваться под конкретную ситуацию и в достаточной мере воспринимать и представлять суждения, критерии и аргументы руководителя компании, формализуя мотивы принятия того или иного управленческого решения, становится ключевым фактором для поддержания взаимопонимания и коммуникации с собственниками, а также внешними агентами и др. [30, 37].

Следует отметить, что в современных организационных и корпоративных системах, когда становится вполне очевидным, что в области управления организациями уделяется явно недостаточно внимания механизмам, моделям и средствам поддержки процесса принятия решений и анализу чувствительности результатов, а также современным методам математического моделирования, необходимо задействовать современные мощные вычислительные комплексы, в том числе с использованием суперкомпьютеров и грид-технологий.

Описанная ситуация показывает, что оценка стратегического развития организаций и принятия соответствующих решений по управлению ими в большей степени концентрируется

на совершенствовании математических методов моделирования и прогнозирования. В то же время явно недостаточно внимания уделяется процессам информационного обмена между лицами, принимающими управленческие решения, и особенно первыми руководителями компаний, а также между разнообразными подсистемами в рамках конкретных управленческих структур.

В результате на сегодняшний день многие крупные компании и корпорации и даже огромные холдинги не имеют инструментов для представления результатов моделирования и их анализа, которые могли бы быть в полной мере использованы не только профессиональными аналитиками, но и менеджерами, принимающими наиболее важные решения.

Другими словами, руководство подавляющего количества организаций не может оперативно воспринимать результаты моделирования и наглядно рассматривать различные допущения, неточности в прогнозах и таким образом уяснить пределы корректной работы той или иной модели оптимизации прибыли (или других показателей деятельности), что зачастую провоцирует топ-менеджеров к фактическому отказу от принятия в расчет результатов моделирования при выборе управленческой альтернативы [15].

Одним из возможных путей, ведущих к решению рассмотренных задач, является создание методики формализации динамики факторов, влияющих на функционирование организационных и корпоративных структур, а также анализа управленческих альтернатив при принятии решений на основе избранных критериев.

Особенно актуальными такие задачи являются для крупных производственных корпораций, реализующих свою продукцию на внешних рынках. В этих случаях количество факторов, влияющих на выбор стратегии поведения компании, достаточно велико, а оказываемое ими воздействие не всегда однозначно. Решение указанной задачи должно базироваться на разработке новой математической модели анализа и выбора управленческих альтернатив по формированию стратегий поведения компании.

Очень важно затронуть еще один аспект, связанный с повышением эффективности деятельности организационных и корпоративных структур, а именно – использование технологий data science для извлечения необходимой информации из больших объемов данных, накопленных в организационных и корпоративных системах.

Как известно, наука о данных (англ. data science; иногда даталогия – datalogy) исследует проблемы анализа, обработки и представления данных в цифровой форме и объединяет методы по обработке данных больших объемов и высокого уровня параллелизма, а также методы интеллектуального анализа данных, статистические методы и технологии искусственного интеллекта для извлечения информации из данных.

С возникновением концепции «больших данных» начиная с 2010-х годов data science становится совершенно необходимой составляющей в процессах анализа данных в организационных и корпоративных системах.

Ключевое значение упомянутые технологии имеют для повышения эффективности инновационной деятельности промышленных корпораций, процессов государственного финансирования инноваций в России и других исследованиях подобного рода [7, 15, 16, 19, 21, 25, 33].

2. Необходимость разработки адекватных математических моделей и алгоритмов для повышения эффективности управления организационными и корпоративными системами

Значительные изменения внешнеэкономической ситуации для нашей страны и ее предприятий и организаций соответственно, вызванные политической и социально-экономической нестабильностью в мире, сделали условия, в которых функционируют современные управленческие структуры, очень сложными и трудно прогнозируемыми.

Оказались нарушенными не только взаимодействия предприятий и корпораций в валютно-финансовой сфере, но и в области производства и потребления товарной продукции самого различного характера. Нарушились годами сложившиеся хозяйственные связи в рамках цепочек производственных компаний и даже отдельных государств.

Все это создало большие сложности для производственных компаний и иных организаций в процессе формирования своих тактических и стратегических императивов. Особые затруднения

вызывает формирование краткосрочных, среднесрочных и особенно долгосрочных стратегических прогнозов.

Оказалось, что в связи с все нарастающей неопределенностью внешней среды разработка упомянутых прогнозов как бы теряет свой смысл, так как сформировать верный прогноз динамики, например, международных рынков, становится крайне трудно. А принимать решения по управлению компаниями и организациями, а тем более решения по их стратегическому развитию все равно необходимо, так как в противном случае предприятия или организации, не понимающие, по какому пути им необходимо следовать, неизбежно столкнутся с трудностями, которые могут привести их к банкротству [15, 30, 37].

Таким образом, любой компании, организации или корпорации совершенно необходимо найти методы и средства, которые помогут им в формировании адекватных прогнозов изменения ситуации во внешней среде, а также в создании моделей и иных средств инструментов и механизмов, которые бы помогли руководству компании такие прогнозы сформировать и на их основе выбрать наиболее оптимальные стратегии своего поведения. Именно решению этой задачи следует уделить особое внимание. Разумеется, что данная задача может успешно решаться только вкупе с развитыми средствами обработки анализа и представления данных для лиц, принимающих решения (ЛПР).

Как известно, понятие гибкости управления изначально было введено именно в производственном секторе как описание гибкого производственного процесса. Позже эта концепция развилась в дисциплину в области организационного управления, которая соединяла в себе большинство аспектов управления компанией, связанных с адаптацией к изменениям во внешней и внутренней средах компаний. Тем не менее в настоящее время не существует четкого общепринятого определения гибкости управления предприятием или организацией, и большинство из тех, что представлены в работах исследователей, являются лишь обобщенными.

Нестабильность в мировой экономике и быстрое технологическое развитие приводит к значительным изменениям условий, в которых работают современные организации и корпорации. Следовательно, для более успешного и стабильного развития компании необходимо внедрять методы гибкого управления. Тема внедрения этих методов для стратегического уровня управления получила значительное развитие в последние годы [2, 4, 11, 12, 15, 26, 27, 37, 38].

3. Модель повышения эффективности управления организационными и корпоративными системами

Руководителям различного рода организационных и корпоративных структур в процессе анализа имеющейся информации о деятельности организаций, предприятий и корпораций очень важно понимать, что в условиях нарастания глобальной нестабильности при постоянно меняющихся тенденциях и трендах мировых рынков следует обеспечивать повышение качества анализа ситуаций и обоснованного выбора управленческих альтернатив по стратегическому и оперативному развитию предприятий и организаций. Сегодня это приобретает ключевую роль для их выживания и развития.

К сожалению, подавляющее большинство методов, моделей и алгоритмов, ориентированных на повышение эффективности подготовки принятия управленческих решений для предприятий и корпораций, не могут быть использованы в современных условиях политической, экономической, финансовой и социальной нестабильности, так как они не дают возможности достаточно быстро и обоснованно осуществлять анализ показателей деятельности предприятий и организаций, а также производить оценку и выбор различных альтернатив их развития.

Анализ задач и факторов, связанных с формированием управленческих решений, обеспечивающих эффективное функционирование промышленных предприятий и организаций, показывает, что управление разнообразными компаниями в современных условиях ставит перед их руководителями задачи повышения эффективности и гибкости управления, а также обоснованности принимаемых решений при обеспечении требуемого качества обработки больших объемов информации. Указанные соображения вынуждают руководство компаний осуществлять подготовку принятия управленческих решений на базе более адекватных математических моделей, методик, инструментов и технологий увеличения гибкости и эффективности управления, а также современных средств анализа и представления данных.

Одной из таких актуальных задач является задача формализации динамики факторов, влияющих на производственные корпорации и организации, а также анализа и выбора управленческих альтернатив при принятии решений на основе избранных критериев [23, 30]. Особенно актуальными такие задачи являются для крупных промышленных предприятий и корпораций, реализующих свою продукцию на внешних рынках. В этих случаях количество факторов, влияющих на выбор стратегии поведения компании, достаточно велико, а оказываемое ими воздействие на организацию не всегда однозначно.

В результате руководители, принимающие решения, сталкиваются с необходимостью выбирать между субъективными слабо формализованными подходами либо подходами, основывающимися на новых математических моделях выбора вариантов поведения.

Предложим постановку и математическую модель задачи управления процессом выбора вариантов поведения компании на основе прогнозирования динамики ситуаций, разработанную под руководством профессора О.В. Логиновского [21, 23, 30].

Формализация задачи и процесса принятия решений связана при этом с повышением качества процедур обработки оперативной информации, совершенствованием алгоритмов прогнозирования основных факторов, а также определением адекватных целевых функций моделей и критериев их эффективности.

Содержание подобной модели в этой связи включает в себя прогнозирование стоимости каждого вида ресурсов, используемых при производстве готовой продукции, а также многих других факторов, влияющих на работу компании. На этой основе осуществляется оптимизация целевой функции, в качестве которой может быть выбрана максимизация прибыли, получаемой предприятием (организацией) в результате производства и продажи продукции, либо минимизация потерь предприятия в ходе его производственной деятельности и т. п.

Обеспечение гибкости и точности прогнозирования экономических факторов, влияющих на доходы и затраты промышленного предприятия (организации), обеспечивается с помощью вариации подходов для прогнозирования математических рядов. Использование того или иного подхода для прогнозирования определяется аналитическим отделом корпорации на основе исторических данных и экспертной оценки возможной динамики фактора.

Среди разнообразных методов прогнозирования для решения указанной задачи можно использовать как интуитивные, так и формализованные методы.

Как известно, интуитивное прогнозирование применяется тогда, когда математическое моделирование невозможно использовать по различным причинам (высокая сложность формализации, недостаток исходных данных и т. п.). В этих случаях возможно прибегнуть к опросу экспертов. Полученные индивидуальные и коллективные экспертные оценки используются как конечные прогнозы или в качестве исходных данных в комплексных системах прогнозирования.

Формализованные методы прогнозирования обеспечивают построение прогнозов с использованием математического моделирования. Применение этих методов на практике повышает точность прогнозов, ускоряет обработку и визуализацию информации, облегчает оценку результатов.

Методы, используемые в математической модели выбора управленческих альтернатив, можно разделить на несколько групп:

- регрессионные модели прогнозирования: парная регрессия, множественная регрессия, модели дискретного (бинарного или множественного) выбора;
- авторегрессионные модели прогнозирования: ARIMA-модели, GARCH-модели;
- адаптивные методы прогнозирования: экспоненциальное сглаживание, модель Хольта, модель Хольта – Винтерса;
- нейросетевые модели: сети прямого распространения, рекуррентные сети;
- модели на базе цепей Маркова;
- модели на базе классификационно-регрессионных деревьев.

В ряду регрессионных моделей прогнозирования парная регрессия – это уравнение, описывающее корреляционную связь между парой переменных – зависимой переменной (результатом) y и независимой переменной (фактором) x :

$$y = f(x).$$

Вариант, в котором рассматривается линейная зависимость результата от фактора, описывается следующим образом:

$$y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, N,$$

где y_i – значение переменной y в момент времени i ; x_i – значение переменной x в момент времени i ; α, β – параметры парной линейной регрессии; N – объем генеральной совокупности; ε_i – возможная ошибка.

Множественная регрессия – уравнение, отражающее корреляционную связь между результатом и несколькими факторами. В общем виде оно может быть записано как

$$y = f(x_1, \dots, x_n),$$

где n – количество факторов.

В качестве функций множественной регрессии обычно выбирают наиболее простые: линейную, показательную и степенную функции или их комбинации:

$$y = a + \sum_{i=1}^n b_i x_i + e \quad (\text{линейная}); \quad (1)$$

$$y = a \prod_{i=1}^n x_i^{b_i} e \quad (\text{степенная}); \quad (2)$$

$$y = a \prod_{i=1}^n b_i^{x_i} e \quad (\text{показательная}).$$

Для обеспечения достаточной точности получаемых оценок параметров функций требуется, чтобы количество измерений было в 8–10 раз больше, чем количество входящих переменных. Указанная модель может быть использована для выявления или прогнозирования достаточно сложных зависимостей.

Модель дискретного выбора представляет собой уравнение зависимости результата y от факторов x_1, \dots, x_n вида

$$y = f(x_1, \dots, x_n),$$

где n – количество факторов, а y может принимать только дискретные значения.

Простейшим видом модели дискретного выбора является модель бинарного выбора, в которой y может принимать значения 0 или 1.

В ряду авторегрессионных моделей прогнозирования

ARIMA-модели применяются для прогнозирования временных рядов, которые характеризуют зависимость результирующей переменной от значений в предшествующие моменты времени и от ее ошибок в прошлом.

Модель ARIMA(p, q) представляет собой уравнение вида

$$y_t = \sum_{i=1}^p a_i y_{t-i} + \sum_{i=1}^q b_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t.$$

ARIMAX(p, d, q)-модели – следующий шаг в развитии ARIMA-моделей. Они описываются формулой

$$y_t = AR(p) + \alpha_1 X_1(t) + \dots + \alpha_s X_s(t), \quad (3)$$

где $\alpha_1, \dots, \alpha_s$ – коэффициенты факторов динамики внешней среды $X_1(t), \dots, X_s(t)$. Для прогнозирования y_t можно воспользоваться моделью авторегрессии, где вводятся дополнительные регрессоры факторов внешней среды $X_1(t), \dots, X_s(t)$.

ARIMA-модели применяются для стационарных временных рядов, в которых среднее значение и дисперсия постоянны, то есть не зависят от номера наблюдения. Это означает отсутствие в данных тренда сезонности. Если же временной ряд ими все-таки обладает, то необходимо провести предварительные преобразования данных, чтобы обеспечить сведение ряда к стационарному.

GARCH-модель (p, q) описывается уравнением вида

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{j=1}^p \delta_j \sigma_{t-j}^2 + \sum_{j=1}^q \gamma_j \varepsilon_{t-j}^2. \quad (4)$$

Данная модель позволяет отразить зависимость дисперсии ряда от ее прошлых значений и значений ошибок ряда в прошлые периоды.

GARCH-модели могут быть применены для прогнозирования показателей финансового рынка, так как для них характерно изменение дисперсии во времени на конкретные периоды.

Адаптивные методы прогнозирования

Экспоненциальное сглаживание описывается уравнением вида:

$$s_t = \begin{cases} x_1, & t=1; \\ s_{t-1} + \alpha(x_t - s_{t-1}), & t > 1, \end{cases} \quad (5)$$

где α – коэффициент, заданный экспертным путем $\alpha \in (0; 1)$.

Так как указанная формула является рекуррентным уравнением, то можно выразить значение s_t через прошлые значения переменной x_t :

$$s_t = \alpha \sum_{i=0}^{t-1} (1-\alpha) x_{t-i}. \quad (6)$$

Приведенная формула наглядно показывает, что s_t является взвешенной суммой всех прошлых измерений, причем в зависимости от давности наблюдения веса уменьшаются.

Экспоненциальное сглаживание можно использовать при прогнозировании динамически изменяющихся показателей, не обладающих свойствами тренда и сезонности.

Модель Хольта является уравнением вида

$$\widehat{y_{t+d}} = a_t + db_t. \quad (7)$$

Модель Хольта является своего рода обобщенным случаем экспоненциального сглаживания с учетом линейного тренда. Вычисление прогнозных значений a_t и b_t осуществляется по следующим рекуррентным соотношениям:

$$a_t = \alpha y_t + (1-\alpha)(a_{t-1} - b_{t-1}); \quad (8)$$

$$b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}, \quad (9)$$

где α, β – заданные экспертным путем параметры, определяющие чувствительность модели к изменениям.

Данную модель можно применять для краткосрочного прогнозирования временных рядов с линейным трендом, но без сезонности.

Модель Хольта – Винтерса описывается рекуррентными соотношениями вида:

$$y_{t+d} = a_t (r_t)^d X_t + (d \bmod s) - s; \quad (10)$$

$$a_t = \alpha \frac{y_t}{X_{t-s}} + (1-\alpha)a_{t-1}r_{t-1}; \quad (11)$$

$$r_t = \beta \frac{a_t}{a_{t-1}} + (1-\beta)r_{t-1}; \quad (12)$$

$$X_t = \gamma \frac{y_t}{a_t} + (1-\gamma)X_{t-s}, \quad (13)$$

где s – период сезонности, $X_t, i=0, s-1$ – профиль сезонности; r_t – параметр тренда; a_t – показатель, очищенный от тренда и сезонности.

Нейросетевые модели

Одним из наиболее распространенных методов прогнозирования временных рядов в настоящее время являются нейросетевые модели. Искусственная нейронная сеть – это сеть с конечным числом слоев из однотипных элементов – аналогов нейронов, с различными типами связей между ними. Они обладают рядом преимуществ, которые позволяют использовать их на достаточно широком диапазоне задач, таких как: способность к самообучению; учет нелинейных зависимостей; возможность одновременного прогнозирования нескольких показателей (при наличии соответствующих выходов из нейронной сети).

Классическое представление нейрона представлено на рис. 1.

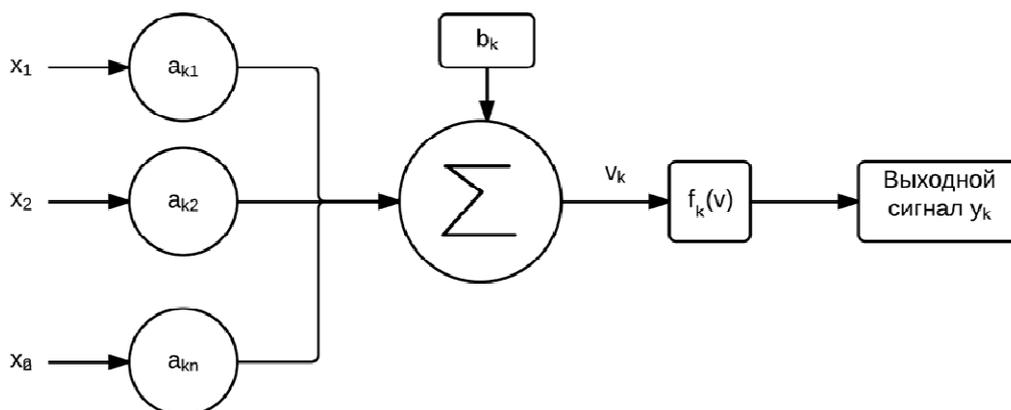


Рис. 1. Классическая схема нейрона:

x_1, x_2, \dots, x_n – входные данные; $a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kn}$ – веса соответствующих показателей в нейроне k ; b_k – пороговое значение нейрона k ; $f_k(v)$ – функция активации k -го нейрона; y_k – выходные данные

Fig. 1. Classical diagram of a neuron:

x_1, x_2, \dots, x_n is input data; $a_{k1}, a_{k2}, \dots, a_{kn}$ – the weights of the corresponding indicators in neuron k ; b_k is the threshold value of neuron k ; $f_k(v)$ is activation function of the k -th neuron; y_k is output data

При прогнозировании значений временного ряда с помощью нейросетевых моделей в качестве входных данных, в первую очередь, используются данные того же ряда за прошлые периоды времени. Одним из основных преимуществ нейросетевых моделей по сравнению с другими является достаточно произвольный характер функции активации, что позволяет моделировать как линейные, так и нелинейные процессы.

Выделяют три основных класса функций активации (с примерами соответствующих функций).

1. Функция единичного скачка (пороговая функция):

$$f(v) = \begin{cases} 1, & v \geq 0; \\ 0, & v < 0. \end{cases} \quad (14)$$

2. Кусочно-линейная функция:

$$f(v) = \begin{cases} 1, & v \geq 1/2; \\ |v|, & -\frac{1}{2} < v < 1/2; \\ 0, & v \leq -1/2. \end{cases} \quad (15)$$

3. Сигмоидальная функция:

$$f(v) = \frac{1}{1 + e^{-av}}. \quad (16)$$

Все нейросетевые модели можно разделить на следующие классы.

1. Сети прямого распространения: однослойные, многослойные.

2. Рекуррентные сети.

Сети прямого распространения состоят из одного или многих слоев нейронов, при этом входными данными слоя N являются выходные данные слоев с номерами, меньшими N (как правило, используются сети предыдущего уровня, то есть с номером $N - 1$). При этом входными данными для слоя $N = 1$ являются данные из внешнего источника. Данный вид нейросетевых моделей, в свою очередь, разделяют на однослойные (при $N = 1$) и многослойные ($N > 1$).

Рекуррентные сети, в свою очередь, имеют в своем составе, по крайней мере, одну обратную связь, то есть в числе входных данных одного из нейронов могут использоваться его выходные данные.

Модели прогнозирования на основе цепей Маркова. Марковский процесс – случайный процесс, значения которого в момент t зависят только от значений данного процесса в момент $t - 1$. Как правило, в реальных задачах прогнозирования используются марковские процессы с дис-

кретным временем. Основными параметрами марковской цепи является множество возможных состояний и матрица переходных вероятностей. Пример марковской цепи с дискретными временем и состояниями представлен на рис. 2.

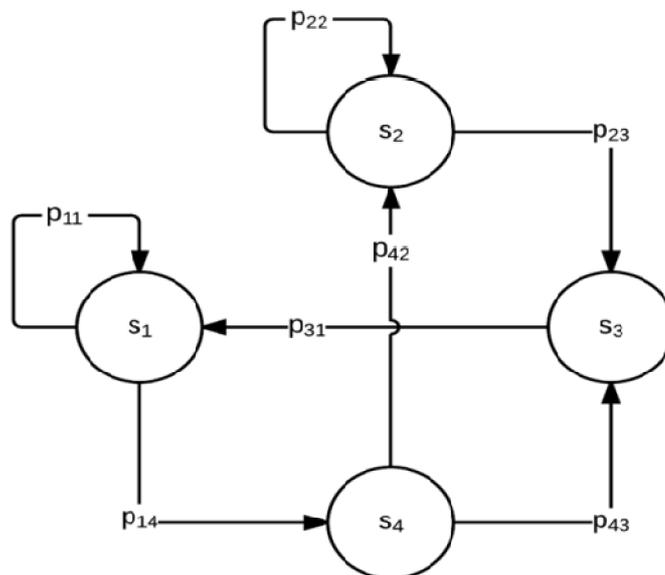


Рис. 2. Марковская цепь с дискретными временем и состояниями:

s_1, \dots, s_4 – возможные состояния системы; p_{ij} – вероятность перехода из состояния i в состояние j ,
 $i = 1, 4, j = 1, 4$

Fig. 2. Markov chain with discrete time and states:

s_1, \dots, s_4 – possible states of the system; p_{ij} – is the probability of transition from state i to state j ,
 $i = 1, 4, j = 1, 4$

Важно отметить, что, несмотря на определение марковского процесса, при прогнозировании определенных показателей в момент t вполне возможно учитывать состояния в моменты времени в моменты $t-2, t-3$ и т. д., помимо значений в момент времени $t-1$. В таком случае текущее состояние прогнозируемой системы описывается не только значением ее параметров в текущий момент времени, но и в прошлом.

Модели на базе классификационно-регрессионных деревьев (*classification and regression trees, CART*) разработаны для моделирования процессов, на которые оказывают влияние как непрерывные внешние факторы, так и категориальные. Таким образом, в ситуации, когда внешние факторы, оказывающие влияние на процесс Y_t , непрерывны, используются регрессионные деревья. Когда факторы категориальные, то используют классификационные деревья. В случае необходимости учета факторов обоих типов необходимо применять смешанные классификационно-регрессионные деревья. Согласно упомянутой модели, прогнозное значение временного ряда зависит от предыдущих значений и независимых переменных, как это и отражено на рис. 3: на исходный процесс Y_t воздействуют внешние дискретные факторы X_t , а также категориальные факторы Z .

Предшествующие значения процесса сравниваются с константой Y_0 . В случае, если значение Y_{t-1} меньше Y_0 , то осуществляется проверка: $X_t > X_{1,1}$. Если неравенство не выполняется, то $Y_{t-1} = P_3$, иначе проверки продолжают до того момента, пока не будет найден лист дерева, в котором происходит определение будущего значения процесса Y_t . При определении значения в расчет принимаются как непрерывные переменные X_t , так и категориальные Z , для которых проводится проверка наличия значения в одном из заранее определенных подмножеств. Определение значений пороговых констант, например, $Y_0, X_{1,1}$, а также подмножеств $Z_{1,1}, Z_{1,2}$ выполняется на этапе обучения дерева.

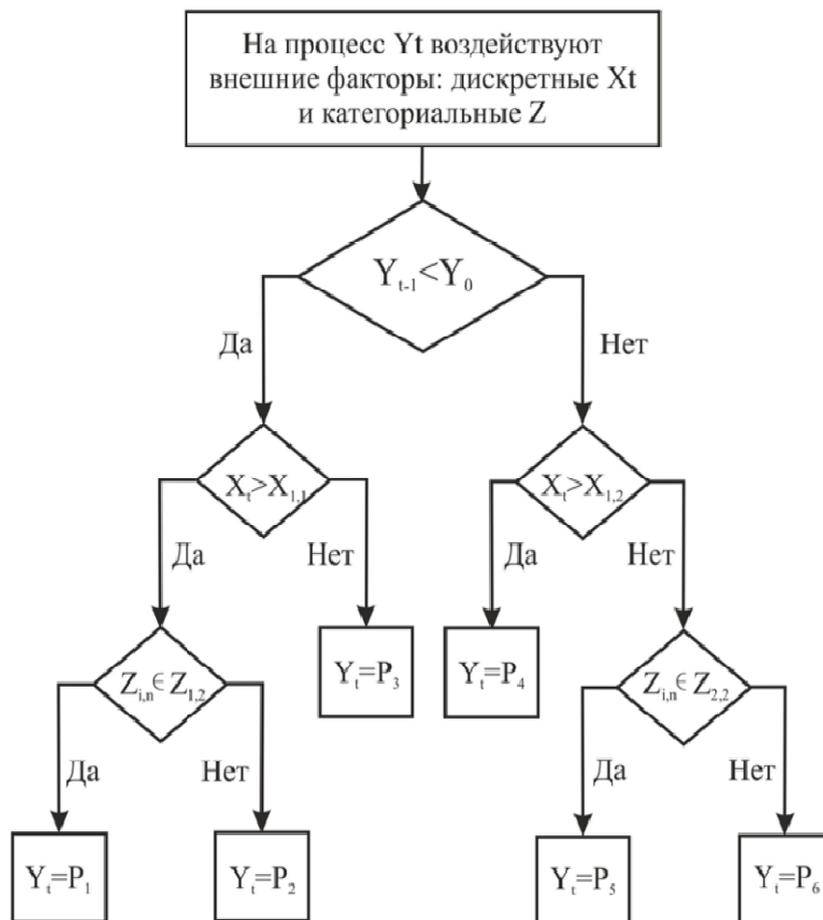


Рис. 3. Бинарное классификационно-регрессионное дерево
 Fig. 3. Binary classification-regression tree

Модели на базе классификационно-регрессионных деревьев дают возможность промоделировать зависимость будущей величины процесса Y_t при помощи структуры дерева, а также пороговых констант и подмножеств. Описанные модели составляют базу для математического моделирования трендов различных показателей, которые далее задействуются при формировании целевой функции выбора управленческих альтернатив.

Для формирования прогноза динамики показателей, влияющих на эффективность работы промышленного предприятия или организации, необходимо осуществить выбор адекватной модели прогнозирования. Это возможно осуществить на основе алгоритма, блок-схема которого представлена на рис. 4.

Целесообразность применения различных моделей прогнозирования отражена в табл. 1, значения, приведенные в колонках (0; 0,5; 1), указывают на то, что при имеющихся условиях ту или иную модель применять целесообразно (1), применять ограниченно возможно (0,5), применять нецелесообразно (0).

После того как будут выбраны адекватные модели прогнозирования для всех основных показателей, способных повлиять на результаты работы предприятия (организации), становится возможным осуществить выбор целевых функций и критериев задачи оптимального выбора управленческих альтернатив по стратегическому развитию компании. При этом можно использовать достаточно большой список целевых показателей и применяемых ограничений, например, таких как: максимизация продаж при заданной прибыли; минимизация потерь при заданном объеме производства; минимизация товарного запаса при заданном объеме производства; максимизация прибыли при выполнении производственного плана выпуска продукции.

В общем виде задача оптимизации выбора стратегических управленческих альтернатив развития промышленного предприятия (организации) формулируется следующим образом. Рассмотрим задачу выбора из того или иного альтернативного решения (далее альтернативы), по-

звляющего получить максимальную прибыль промышленного предприятия за заданный горизонт планирования.

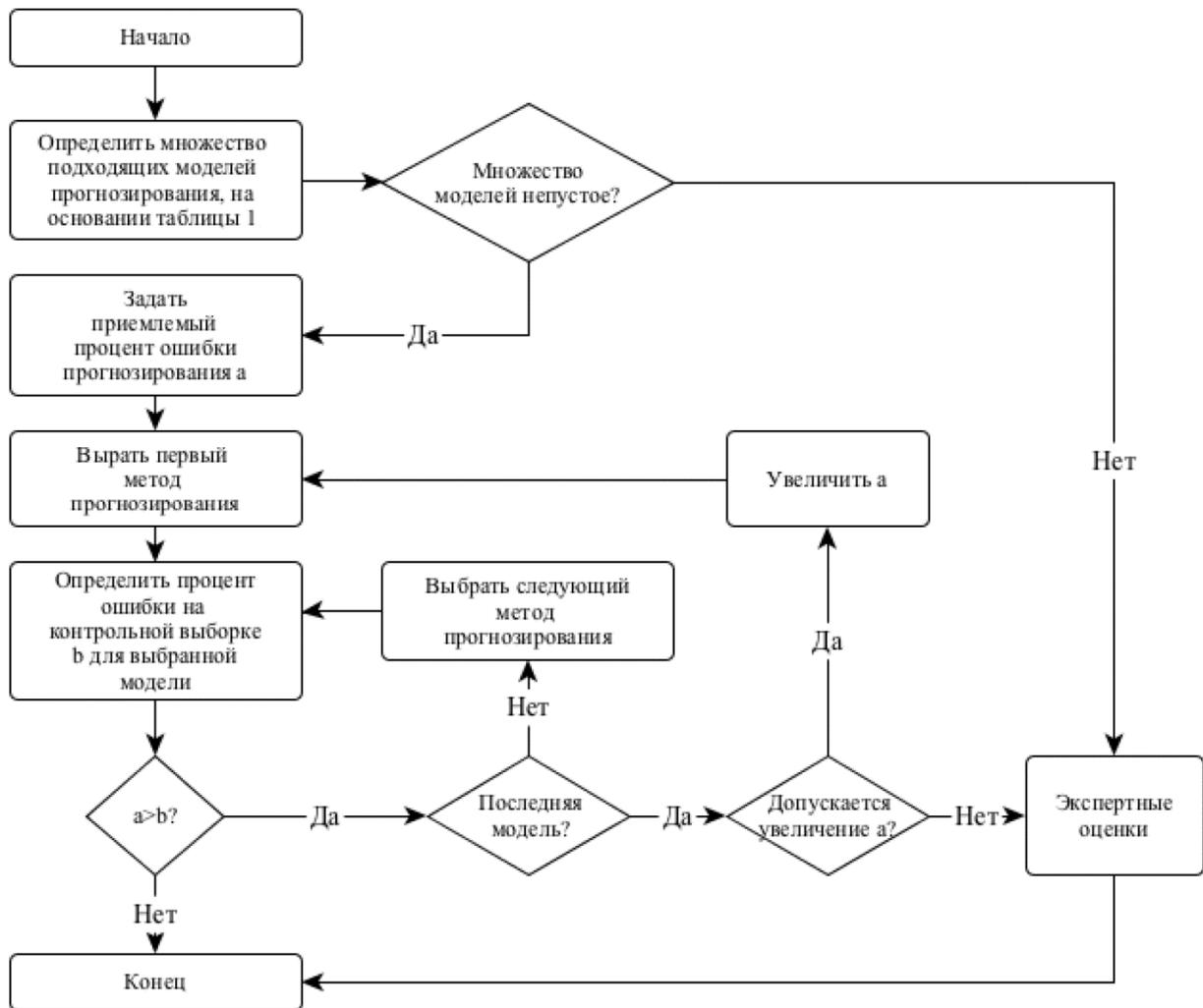


Рис. 4. Блок-схема алгоритма определения модели прогнозирования факторов
Fig. 4. Block diagram of the algorithm for determining the forecasting model of factors

Целесообразность использования моделей при определенных условиях

Таблица 1

Table 1

Feasibility of using models under certain conditions

Класс моделей	Краткосрочный	Среднесрочный	Долгосрочный	Только линейные процессы	Трудоемкость расчета	Проверяемость поиска решения	Опыт практического применения
Регрессионные модели	0,5	0,5	1	1	0	1	1
Авторегрессионные модели ARIMAX	1	0,5	0	1	0	1	1
Авторегрессионные модели GARCH	1	0,5	0	1	0	1	1
Модели экспоненциального сглаживания	0,5	1	0	0	0	1	1
Нейросетевые модели	1	1	1	0	1	0	1
Модели на базе цепей Маркова	1	1	1	1	1	1	0,5
Модели на базе классификационно-регрессионных деревьев	1	1	1	0	1	0	0,5

Обозначим $P_a(S)$ – прибыль, полученная в результате реализации альтернативы a при выбранном сценарии развития S .

При этом $P_a(S)$ можно вычислить с помощью выражения

$$P_a(S) = \sum_{i=1}^Z y_{ai}(S) \cdot r_i(S) - \sum_{i=1}^Z \sum_{j=1}^B w_j \cdot x_{aji} \cdot y_{ai}(S) - V_a, \quad (17)$$

где $F(S, Z)$ – номер альтернативы, которая дает наибольшую прибыль при выбранном сценарии развития S и избранном горизонте планирования Z ; a – количество альтернатив; B – количество факторов производства, для которых строится прогноз; Z – количество периодов, на которые строится прогноз показателей; x_{ijz} – прогноз стоимости фактора j при выбранной альтернативе i в год z ; $y_{iz}(S)$ – прогноз выпуска продукции при выбранной альтернативе i в год z , в зависимости от выбранного сценария развития S (например: негативный, умеренный, позитивный); $r_z(S)$ – прогноз стоимости единицы продукции в год z ; V_a – постоянные затраты на осуществление альтернативы a ; w_j – расход фактора j в натуральных единицах на выпуск единицы продукции.

Тогда целевая функция определяется нахождением управленческой альтернативы, которая позволит получить в результате ее реализации максимальную прибыль при выбранном сценарии развития S .

$$\Phi = \max \{P_a(S)\}. \quad (18)$$

Поиск оптимальных решений в указанной ситуации можно осуществить с помощью имитационной модели, блок-схема алгоритма которой приведена на рис. 5. Если рассчитать прибыль для каждой альтернативы и горизонта планирования достаточно большое число раз, можно выбрать оптимальную альтернативу на основе наибольшей средней прибыли или любого другого критерия.

В случае, если вероятность того или иного сценария вычислить или задать экспертно проблематично, можно воспользоваться методами принятия решений в условиях неопределенности. Основные критерии, используемые в процессе принятия решений в условиях неопределенности, представлены ниже.

Критерий Вальда (критерий «максимина») характеризуется крайне осторожной позицией относительно неопределенности результата:

$$Z_{MM} = \max_i \{K_i\}, \quad (19)$$

где $K_i = \min_j \{a_{ij}\}$; i – вариант возможного решения ЛПР ($i = 1, 2, \dots, m$); j – вариант возможной ситуации ($j = 1, 2, \dots, n$); a_{ij} – доход/прибыль ЛПР, если будет принято решение i , а ситуация сложится j -я; $A = (a_{ij})$ – матрица полезностей.

Критерий «максимакса» характеризуется крайне оптимистической позицией отношения ЛПР к неопределенности результата:

$$Z_H = \max_i \{K_i\}, \quad (20)$$

где $K_i = \max_j \{a_{ij}\}$; i – вариант возможного решения ЛПР ($i = 1, 2, \dots, m$); j – вариант возможной ситуации ($j = 1, 2, \dots, n$); a_{ij} – доход/прибыль ЛПР, если будет принято решение i , а ситуация сложится j -я; $A = (a_{ij})$ – матрица полезностей.

Критерий Гурвица (критерий «оптимизма-пессимизма» или «альфа-критерий») является взвешенной позицией «пессимизма-оптимизма», отражающей отношение ЛПР к неопределенности экономического результата:

$$Z_{HW} = \max_i \{K_i\}, \quad (21)$$

где $K_i = c \cdot \min_j \{a_{ij}\} + (1-c) \cdot \max_j \{a_{ij}\}$; c – соответствующий весовой коэффициент выбираемый ЛПР; i – вариант возможного решения ЛПР ($i = 1, 2, \dots, m$); j – вариант возможной ситуации

($j = 1, 2, \dots, n$); a_{ij} – доход/прибыль ЛПР, если будет принято решение i , а ситуация сложится j -я;
 $A = (a_{ij})$ – матрица полезностей.

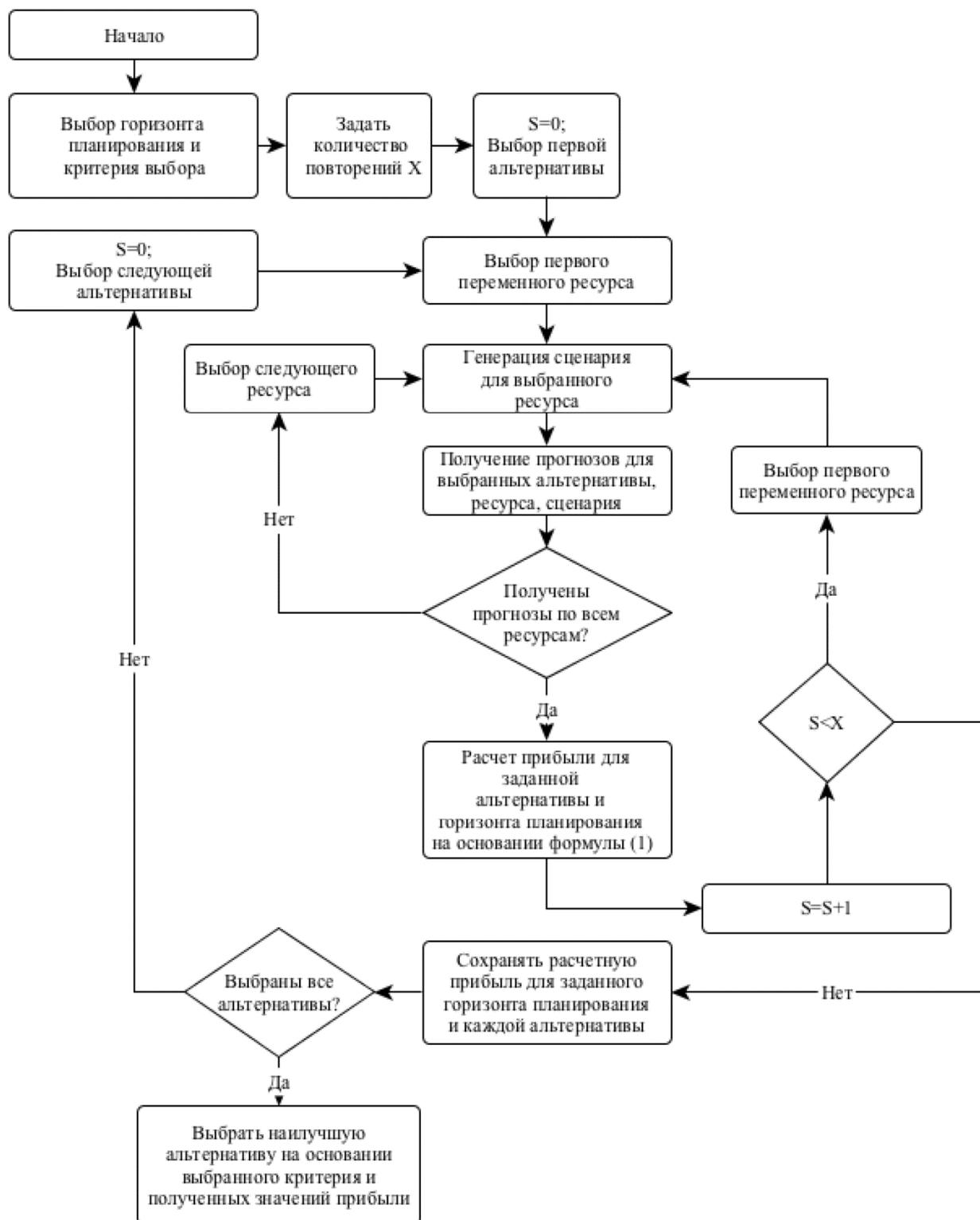


Рис. 5. Блок-схема поиска наилучшей альтернативы для заданного горизонта планирования и критерия выбора оптимального значения

Fig. 5. Block diagram of the search for the best alternative for a given planning horizon and criterion for choosing the optimal value

Критерий Сэвиджа (критерий потерь от «минимакса») характеризуется крайне осторожной (пессимистической) позицией отношения ЛПР к возможным потерям из-за отсутствия достоверных сведений о том, какая из ситуаций, влияющих на результат, будет иметь место в конкретном случае:

$$Z_s = \min_i \{K_i\}, \quad (22)$$

где $K_i = \max_j \{l_{ij}\}$, $l_i = \max_j \{a_{ij}\} - a_{ij}$; c – соответствующий весовой коэффициент, выбираемый ЛПР; i – вариант возможного решения ЛПР ($i = 1, 2, \dots, m$); j – вариант возможной ситуации ($j = 1, 2, \dots, n$); a_{ij} – доход/прибыль ЛПР, если будет принято решение i , а ситуация сложится j -я; $A = (a_{ij})$ – матрица полезностей; $L = (l_{ij})$ – соответствующая матрица потерь и рисков.

Описанная математическая модель задачи реализована в виде обособленной информационно-аналитической системы или отдельного программного модуля, который может быть встроен в соответствующую информационно-вычислительную систему промышленного предприятия или организации.

Заключение

Рассмотренные в статье вопросы показывают, что развитие организационных и корпоративных систем в условиях нарастающей нестабильности в мире должно базироваться на использовании адекватных математических методов и моделей, информационных технологиях, продвинутых системах анализа и обработки данных, а также технологиях извлечения необходимой информации из больших объемов данных и др.

Особое значение имеет то, что достоинствами предложенного в статье алгоритма модели повышения эффективности управления организационными и корпоративными системами является возможность использования вариативных методов прогнозирования и способность подстраиваться под сложность и частоту необходимости решения той или иной управленческой задачи. Например, сценарии среднесрочного и долгосрочного развития компании могут оцениваться с использованием более совершенных прогностических моделей, а также подвергаться разностороннему анализу чувствительности на основе изменения горизонта прогнозирования или планирования, изменения веса каждого фактора, оценки влияния точности прогноза и возможных отклонений. В этом случае применение описанной модели поможет ЛПР в существенной мере формализовать свой подход, что даст возможность обосновать решение высокоуровневой задачи перед собственниками компании или, например, перед кредитной организацией.

Применение на практике представленной модели анализа и выбора управленческих альтернатив на основе прогнозирования динамики ситуаций обеспечивает столь необходимые в современных условиях деятельности промышленных предприятий и организаций гибкость и оперативность принятия управленческих решений.

Литература

1. Бурков, В.Н. Введение в теорию управления организационными системами / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков; под ред. Д.А.Новикова. – М.: Книжный дом «Либроком», 2009. – 264 с.
2. Бурков, В.Н. Механизмы управления: Управление организацией: планирование, организация, стимулирование, контроль: учеб. пособие / В.Н. Бурков, И.В. Буркова, М.В. Губко; под ред. Д.А. Новикова. – М.: Ленанд, 2013. – 216 с.
3. Бурков, В.Н. Модели и методы управления организационными системами / В.Н. Бурков, В.А. Ириков. – М.: Наука, 1994. – 532 с.
4. Бушуева, Н.С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития: моногр. / Н.С. Бушуева. – Киев: Наук. світ, 2007. – 200 с.
5. Венцель, Е.С. Исследование операций: Задачи, принципы, методология / Е.С.Венцель. – М.: Высшая школа, 2008. – 208 с.
6. Гельруд, Я.Д. Управление проектами: методы, модели, системы: моногр. / Я.Д. Гельруд, О.В. Логиновский; под ред. д-ра техн. наук проф. А.Л. Шестакова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2015. – 330 с.

7. Голлай, А.В. Формирование системы взаимосвязанных показателей промышленного предприятия в рамках управления его технологическим развитием / А.В. Голлай, О.В. Логиновский // Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2019. – С. 3104–3109.
8. Голлай, А.В. Управление проектами по развитию промышленного предприятия в рамках адаптивно-технологического подхода / А.В. Голлай, О.В. Логиновский // Теория активных систем – 50 лет. Материалы международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 360–375.
9. Губко, М.В. Модель формирования бизнес-схем в транснациональных корпорациях / М.В. Губко // Системы управления и информационные технологии. – 2003. – № 1-2 (12). – С. 44–48.
10. Губко, М.В. Теория игр / М.В. Губко, Д.А. Новиков. – М.: Синтез, 2002. – 744 с.
11. Ириков, В.А. Целостная система государственно-частного управления инновационным развитием как средство удвоения темпов выхода России из кризиса и посткризисного роста: моногр. / В.А. Ириков, Д.А. Новиков, В.Н. Тренев. – М.: ИПУ РАН, 2009. – 228 с.
12. Коренная, К.А. Интегрированные информационные системы промышленных предприятий: моногр. / К.А. Коренная, О.В. Логиновский, А.А. Максимов; под ред. д-ра техн. наук проф. А.Л. Шестакова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2012. – 315 с.
13. Коренная, К.А. Управление промышленными предприятиями в условиях глобальной нестабильности: моногр. / К.А. Коренная, О.В. Логиновский, А.А. Максимов; под ред. д.т.н., проф. А.Л. Шестакова. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2013. – 403 с.
14. Логиновский, О.В. Государственное управление промышленностью в регионах РФ: науч. изд. / О.В. Логиновский, И.П. Болодурина – М.: Машиностроение, 2003. – 368 с.
15. Логиновский, О.В. Корпоративное управление: науч. изд. / О.В. Логиновский, А.А. Максимов. – М.: Машиностроение, 2007. – Т. 2. – 624 с.
16. Логиновский, О.В. Построение современных корпоративных информационных систем / О.В. Логиновский, А.Л. Шестаков, А.А. Шинкарев // Управление большими системами: сб. тр. – 2019. – № 81. – С. 113–146.
17. Логиновский, О.В. Управление группой предприятий / О.В. Логиновский, А.А. Максимов. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2008. – 480 с.
18. Логиновский, О.В. Управление развитием региона: науч. изд. / О.В. Логиновский, Н.М. Рязанов. – М.: Машиностроение, 2006. – Т. 3. – 560 с.
19. Логиновский, О.В. Жизненный цикл современных корпоративных приложений и управление на основе потока событий / О.В. Логиновский, А.А. Шинкарев // Сборник трудов XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2019. – С. 2958–2962.
20. Логиновский, О.В. Стратегическое управление регионами: от сложившихся подходов к учету современных реалий / О.В. Логиновский, А.А. Максимов // Проблемы управления. – 2017. – № 6. – С. 19–31.
21. Логиновский, О.В. Стратегическое управление корпорациями в современных условиях ведения бизнеса / О.В. Логиновский, А.Л. Шестаков, А.А. Шинкарев // Экономика и менеджмент систем управления. – 2019. – № 2-1 (32). – С. 152–169.
22. Логиновский, О.В. Управление промышленным предприятием: науч. изд. / О.В. Логиновский, А.А. Максимов. – М.: Машиностроение, 2006. – Т. 1. – 576 с.
23. Логиновский, О.В. Управление процессом выбора вариантов поведения компании на основе прогнозирования динамики ситуаций / О.В. Логиновский, А.В. Зимин // Динамика сложных систем. – 2015. – № 1. – С. 15–22.
24. Максимов, А.А. Адаптивное управление промышленной корпорацией в условиях неопределенности (на примере ферросплавных производств) / А.А. Максимов, К.А. Коренная, О.В. Логиновский // Проблемы теории практики управления. – 2012. – № 9–10. – С. 145–150.
25. Манишин, С.А. Формирование финансового механизма стимулирования инновационной деятельности промышленных корпораций в условиях цифровой экономики / С.А. Манишин // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 5. – С. 15–19.
26. Новиков, Д.А. Рефлексия и управление: математические модели / Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2013. – 412 с.

27. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2012. – 604 с.
28. Рогов, С.Ф. Математические модели в теории принятия решений / С.Ф. Рогов. – М.: Компания Спутник+, 2007. – 428 с.
29. Стронгин, Р.Г. Исследование операций. Модели экономического поведения / Р.Г. Стронгин. – Интернет Университет информационных технологий БИНОМ, Лаборатория знаний, 2007. – 208 с.
30. Управление промышленными предприятиями: стратегии, механизмы, системы: моногр. / О.В. Логиновский, В.Н. Бурков, И.В. Буркова, Я.Д. Гельруд, К.А. Коренная, А.А. Максимова, А.Л. Шестаков; под ред. О.В. Логиновского, А.А. Максимова. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 410 с.
31. Черноруцкий, И.Г. Методы оптимизации в теории управления / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: Питер, 2004. – 104 с.
32. Чхартишвили, А.Г. Теоретико-игровые модели информационного управления / А.Г. Чхартишвили. – М.: ПМСОФТ, 2004. – 227 с.
33. Шестак, В.П. Стимулирующее финансирование инновационной деятельности / В.П. Шестак // Финансы: теория и практика. – 2017. – Т. 21, вып. 5. – С. 40–49.
34. Эффективное управление организационными и производственными структурами: моногр. / О.В. Логиновский, А.В. Голлай, О.И. Дранко, А.Л. Шестаков, А.А. Шинкарев; под ред. О.В. Логиновского. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 450 с.
35. Burkov, V. Introduction to theory of control in organizations / V. Burkov, M. Goubko, N. Korgin, D. Novikov. – Boca Raton, USA: CRC Press, 2015. – 346 с.
36. Burkov, V.N. Mechanisms for Ecological- Economic Systems / V.N. Burkov, D.A. Novikov, A.V. Shchepkin. – Berlin: Springer, 2015. – 174 p.
37. Korennaya, K.A. Global Economic Instability and Management of Industrial Organisations / K.A. Korennaya, O.V. Loginovskiy, A.A. Maksimov, A.V. Zimin; Editorship by doctor of science, professor Shestakov A.L. – Kostanay: Kostanay State University by A. Baitursynov Press, 2014. – 230 p.
38. Loginovskiy, O.V. Strategic management of the regions in the context of domestic and foreign experience / O.V. Loginovskiy, A.A. Maksimov, A.L. Shestakov // Applied Mathematics and Control Sciences. – 2020. – No. 3. – P. 123–149.

Логиновский Олег Витальевич, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; loginovskiiiov@susu.ru.

Максимов Александр Александрович, д-р техн. наук, депутат, Государственная Дума Федерального Собрания Российской Федерации VII созыва, г. Москва.

Золотых Светлана Анатольевна, главный специалист, Министерство информационных технологий, связи и цифрового развития Челябинской области, г. Челябинск; аспирант, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; zsa-250270@mail.ru.

Логиновская Валерия Олеговна, начальник отдела координации национальной программы «Цифровая экономика» Департамента координации и реализации проектов по цифровой экономике, Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации, г. Москва; аспирант, Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; valeria.login@yandex.ru.

Поступила в редакцию 21 декабря 2020 г.

DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONAL AND CORPORATE SYSTEMS USING MODERN MATHEMATICAL METHODS AND MODELS

O.V. Loginovskiy¹, loginovskiiiov@susu.ru,

A.A. Maximov²,

S.A. Zolotykh^{1,3}, zsa-250270@mail.ru,

V.O. Loginovskaya^{1,4}, valeria.login@yandex.ru

¹ South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,

² State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation of the VII convocation,
Moscow, Russian Federation,

³ Ministry of Information Technologies, Communications and Digital Development
of the Chelyabinsk Region, Chelyabinsk, Russian Federation,

⁴ Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation,
Moscow, Russian Federation

Analysis of modern technologies, methods and models used in various types of organizational and corporate structures convincingly proves that the improvement of preparation and decision-making for the management of these structures is currently carried out mainly on the basis of often outdated and not quite corresponding to modern capabilities of computer technology, and also information, software and software developments. The article shows that in modern conditions of global instability in the world, it becomes necessary to use adequate methods for data analysis and preparation of managerial decision-making on the development of organizational and corporate structures. Proposals and recommendations for improving the processes of analytical data processing, extracting useful information from large amounts of data located in the relevant organizational and corporate systems are presented, as well as adequate mathematical models and algorithms that can be successfully used to improve the quality of management decisions by the management of companies. **The purpose of the study** is to form methods and models for the analysis of strategic alternatives for the development of organizational and corporate systems using the concept of big data, technologies for extracting the necessary information from existing data banks, etc. **Materials and methods.** The research methods are based on modern information and analytical technologies, data science and models developed by the authors for the analysis of strategic alternatives for the development of organizational and corporate systems. **Results.** The scientific provisions and developments presented in the article can be used to improve the efficiency of management in various information and analytical systems for various management structures. **Conclusion.** The results of the research presented in this article make it possible to perform a qualitative analysis of data, to model the options for the work of organizational and corporate structures in an on-line mode, which makes it possible to increase the efficiency of managing their development based on a comparison of alternative options for management decisions.

Keywords: information, data analysis, management decision making, mathematical methods and models, alternative options.

References

1. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. *Vvedeniye v teoriyu upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Introduction to the theory of management of organizational systems]. Moscow, Book House Librocom, 2009. 264 p.
2. Burkov V.N., Burkova I.V., Gubko M.V.; Novikov D.A. (ed.). *Mekhanizmy upravleniya: Upravleniye organizatsiyey: planirovaniye, organizatsiya, stimulirovaniye, kontrol': ucheb. posobiye* [Management mechanisms: Organization management: planning, organization, stimulation, control: tutorial]. Moscow, Lenand Publ., 2013. 216 p.
3. Burkov V.N., Irikov V.A. *Modeli i metody upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Models and methods of management of organizational systems]. Moscow, Nauka Publ., 1994. 532 p.
4. Bushueva N.S. *Modeli i metody proaktivnogo upravleniya programmami organizatsionnogo raz-*

vitiya: monogr. [Models and methods of proactive management of organizational development programs: monograph]. Kiev, Nauk. svit Publ., 2007. 200 p.

5. Wentzel E.S. *Issledovaniye operatsiy: Zadachi, printsipy, metodologiya* [Operations Research: Objectives, Principles, Methodology]. Moscow, Higher school Publ., 2008. 208 p.

6. Gelrud Ya.D., Loginovskiy O.V.; Dr. tech. sciences prof. Shestakov A.L. (ed.). *Upravleniye proyektami: metody, modeli, sistemy: monogr.* [Project management: methods, models, systems: monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2015. 330 p.

7. Gollay A.V., Loginovsky O.V. [Formation of a system of interrelated indicators of an industrial enterprise within the framework of managing its technological development]. *Proceedings of the XIII All-Russian Meeting on Management Problems of the VSPU-2019*. Institute for Management Problems V.A. Trapeznikov RAS, 2019, pp. 3104–3109. (in Russ.)

8. Gollay A.V., Loginovskiy O.V. [Management of projects for the development of an industrial enterprise in the framework of an adaptive-technological approach]. *Theory of active systems – 50 years. Materials of the international scientific and practical conference*, 2019, pp. 360–375. (in Russ.)

9. Gubko M.V. [Model of the formation of business schemes in transnational corporations]. *Management systems and information technologies*, 2003, no. 1-2 (12), pp. 44–48. (in Russ.)

10. Gubko M.V., Novikov D.A. *Teoriya igr* [Game theory]. Moscow, Sinteg Publ., 2002. 744 p.

11. Irikov V.A., Novikov D.A., Trenev V.N. *Tselostnaya sistema gosudarstvenno-chastnogo upravleniya innovatsionnym razvitiyem kak sredstvo udvoeniya tempov vykhoda Rossii iz krizisa i postkrizisnogo rosta: monogr.* [Integral system of public-private management of innovative development as a means of doubling the pace of Russia's exit from the crisis and post-crisis growth: monograph]. Moscow, IPU RAN, 2009. 228 p.

12. Korennaya K.A., Loginovskiy O.V., Maksimov A.A.; Dr. tech. sciences prof. Shestakov A.L. (ed.). *Integrirovannyye informatsionnyye sistemy promyshlennykh predpriyatiy: monogr.* [Integrated information systems of industrial enterprises: monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2012. 315 p.

13. Korennaya K.A., Loginovskiy O.V., Maksimov A.A.; Dr. tech. sciences prof. Shestakov A.L. (ed.). *Upravleniye promyshlennymi predpriyatiyami v usloviyakh global'noy nestabil'nosti: monogr.* [Industrial enterprise management in conditions of global instability: monograph]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2013. 403 p.

14. Loginovskiy O.V., Bolodurina I.P. *Gosudarstvennoye upravleniye promyshlennost'yu v regionakh RF: nauch. izd.* [State management of industry in the regions of the Russian Federation: scientific ed.]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2003. 368 p.

15. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. *Korporativnoye upravleniye: nauch. izd.* [Corporate governance: scientific ed.]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2007, vol. 2. 624 p.

16. Loginovskiy O.V., Shestakov A.L., Shinkarev A.A. [Building modern corporate information systems]. *Management of large systems: collection of works*, 2019, no. 81, pp. 113–146. (in Russ.)

17. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. *Upravleniye gruppy predpriyatiy* [Group management of enterprises]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2008. 480 p.

18. Loginovskiy O.V., Ryazanov N.M. *Upravleniye razvitiyem regiona: nauch. izd.* [Regional development management: scientific ed.]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2006, vol. 3. 560 p.

19. Loginovskiy O.V., Shinkarev A.A. [Life cycle of modern corporate applications and management based on the flow of events]. *Proceedings of the XIII All-Russian Meeting on Management Problems of VSPU-2019*. Institute for Management Problems V.A. Trapeznikov RAS, 2019, pp. 2958–2962. (in Russ.)

20. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. [Strategic management of regions: from the prevailing approaches to taking into account modern realities]. *Management problems*, 2017, no. 6, pp. 19–31. (in Russ.)

21. Loginovskiy O. V., Shestakov A. L., Shinkarev A. A. [Strategic management of corporations in modern conditions of doing business]. *Economics and management of control systems*, 2019, no. 2-1 (32), pp. 152–169. (in Russ.)

22. Loginovskiy O. V., Maksimov A. A. *Upravleniye promyshlennymi predpriyatiyem: nauch. izd.* [Industrial enterprise management: scientific ed.]. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 2006, vol. 1. 576 p.

23. Loginovskiy O. V., Zimin A. V. [Management of the process of choosing options for the company's behavior based on predicting the dynamics of situations]. *Dynamics of complex systems*, 2015, no. 1, pp. 15–22. (in Russ.)
24. Maksimov A.A., Korennaya K.A., Loginovsky O.V. [Adaptive management of an industrial corporation in conditions of uncertainty (on the example of ferroalloy production)]. *Problems of management theory*. Moscow, 2012, no. 9–10, pp. 145–150. (in Russ.)
25. Manshilin S.A. [Formation of a financial mechanism for stimulating innovative activity of industrial corporations in the digital economy]. *Innovations and investments*, 2020, no. 5, pp. 15–19. (in Russ.)
26. Novikov D.A., Chkhartishvili A.G. *Refleksiya i upravleniye: matematicheskiye modeli* [Reflection and control: mathematical models]. Moscow, Publishing house of physical and mathematical literature, 2013. 412 p.
27. Novikov D.A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [The theory of management of organizational systems]. Moscow, Publishing house of physical and mathematical literature, 2012. 604 p.
28. Rogov S.F. *Matematicheskiye modeli v teorii prinyatiya resheniy* [Mathematical models in decision theory]. Moscow, Kompaniya Sputnik+ Publ., 2007. 428 p.
29. Strongin R.G. *Issledovaniye operatsiy. Modeli ekonomicheskogo povedeniya* [Operations research. Models of economic behavior]. Internet University of Information Technologies BINOM, Knowledge Laboratory, 2007. 208 p.
30. Loginovskiy O.V., Burkov V.N., Burkova I.V., Gelrud Ya.D., Korennaya K.A., Maksimov A.A., Shestakov A.L.; Loginovskiy O.V., Maksimov A.A. (eds.). *Upravleniye promyshlennymi predpriyatiyami: strategii, mekhanizmy, sistemy: monogr.* [Management of industrial enterprises: strategies, mechanisms, systems: monograph]. Moscow, INFRA-M Publ., 2018. 410 p.
31. Chernorutsky I.G. *Metody optimizatsii v teorii upravleniya* [Optimization methods in control theory]. St. Petersburg, Piter Publ., 2004. 104 p.
32. Chkhartishvili A.G. *Teoretiko-igrovyye modeli informatsionnogo upravleniya* [Game-theoretic models of information management]. Moscow, PMSOFT Publ., 2004. 227 p.
33. Shestak V.P. [Stimulating financing of innovation activity]. *Finance: theory and practice*, 2017, vol. 21, no. 5, pp. 40–49. (in Russ.)
34. Loginovskiy O.V., Gollay A.V., Dranko O.I., Shestakov A.L., Shinkarev A.A.; Loginovskiy O.V. (ed.). *Effektivnoye upravleniye organizatsionnymi i proizvodstvennymi strukturami: monogr.* [Effective management of organizational and production structures: monograph]. Moscow, INFRA-M Publ., 2020. 450 p.
35. Burkov V., Goubko M., Korgin N., Novikov D. *Introduction to theory of control in organizations*. Boca Raton, USA, CRC Press, 2015. 346 c.
36. Burkov V.N., Novikov D.A., Shchepkin A.V. *Control Mechanisms for Ecological-Economic Systems*. Berlin: Springer, 2015. 174 p.
37. Korennaya K.A., Loginovskiy O.V., Maksimov A.A., Zimin A.V.; Dr. tech. sciences prof. Shestakov A.L. (ed.). *Global Economic Instability and Management of Industrial Organisations*. Kostanay, Kostanay State University by A. Baitursynov Press, 2014. 230 p.
38. Loginovskiy O.V., Maksimov A.A., Shestakov A.L. Strategic management of the regions in the context of domestic and foreign experience. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2020, no. 3, pp. 123–149.

Received 21 December 2020

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Развитие организационных и корпоративных систем с использованием современных математических методов и моделей / О.В. Логиновский, А.А. Максимов, С.А. Золотых, В.О. Логиновская // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 116–135. DOI: 10.14529/ctcr210111

FOR CITATION

Loginovskiy O.V., Maximov A.A., Zolotykh S.A., Loginovskaya V.O. Development of Organizational and Corporate Systems Using Modern Mathematical Methods and Models. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*, 2021, vol. 21, no. 1, pp. 116–135. (in Russ.) DOI: 10.14529/ctcr210111