

РЕГИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОДНОВРЕМЕННОГО ИНВЕСТИЦИОННОГО, ПРОИЗВОДСТВЕННОГО И ФИНАНСОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОГРАММ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ*

Сергей Николаевич ЯШИН^{а*}, Егор Викторович КОШЕЛЕВ^б,
Алексей Андреевич ИВАНОВ^с

^а доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и государственного управления, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (ННГУ), Нижний Новгород, Российская Федерация
jashinsn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7182-2808>
SPIN-код: 4191-7293

^б кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и государственного управления, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (ННГУ), Нижний Новгород, Российская Федерация
ekoshelev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5290-7913>
SPIN-код: 8429-5702

^с кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и государственного управления, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (ННГУ), Нижний Новгород, Российская Федерация
alexey.iff@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4299-4042>
SPIN-код: 1055-4483

* Ответственный автор

История статьи:

Reg. № 566/2021
Получена 21.10.2021
Получена в доработанном виде 04.11.2021
Одобрена 18.11.2021
Доступна онлайн 31.01.2022

Аннотация

Предмет. Планирование программ инновационного развития региона, которые основываются на одновременном инвестиционном, производственном и финансовом планировании, создание для этого соответствующей модели.

Цели. Разработать научно обоснованную гибкую управленческую модель, учитывающую специфику цикличности развития инновационной системы промышленного региона, а также уровень его социально-экономического развития, способствующую преодолению экономического детерминизма территорий и стимулирующую экономический рост.

Методология. Используются общенаучные методы.

* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 19-010-00932.

УДК 332.142.2

JEL: C63, E17, O21,
O36

Ключевые слова:

инновационное
развитие региона,
инвестиционное
планирование,
производственное
планирование,
финансовое
планирование

Результаты. Разработана региональная модель планирования программ инновационного развития. Наиболее совершенным для решения рассматриваемой задачи является алгоритм поиска по шаблону. Добавление данного алгоритма в качестве гибридной функции для генетического алгоритма или имитационного отжига позволяет достигнуть достаточно качественного решения проблемы оптимизации. Напротив, добавление метода внутренней точки в качестве гибридной функции далеко не всегда значительно повышает качество глобальной оптимизации.

Выводы. Представленная модель позволит государственным структурам и их экспертам принимать более качественные решения в отношении планирования инновационного развития промышленных регионов страны.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Яшин С.Н., Кошелев Е.В., Иванов А.А. Региональная модель одновременного инвестиционного, производственного и финансового планирования программ инновационного развития // *Финансы и кредит*. — 2022. — Т. 28, № 1. — С. 35 — 62.

<https://doi.org/10.24891/fc.28.1.35>

В настоящее время условия внешнего окружения Российской Федерации предполагают рассмотрение вопросов национального эффективного и сбалансированного социально-экономического и инновационного развития промышленных регионов РФ с позиций моделирования процессов их инновационного развития.

Большинство текущих исследований региональных инновационных процессов производятся с использованием методов социологических наук. При этом ощущается острый недостаток математических и информационных моделей, которые позволили бы не только спрогнозировать динамику развития региональных инновационных процессов и систем, но и спланировать процесс их эволюции, исходя из сложившихся социально-экономических ценностей региона.

В связи с этим труды по проблемам функционирования региональных инновационных систем, разработанные российскими и зарубежными учеными, резюмируют, что большинство систем имеет устойчивую совокупность структурных элементов, которые достаточно хорошо изучены и описаны, определены институциональные взаимосвязи инновационных цепочек.

В то же время роль региональных инновационных систем до сих пор недооценена, большая часть работ посвящена национальным инновационным системам, также большинство исследований имеет

социальную направленность без должного экономического и математического описания. Авторское исследование будет отличаться анализом и обобщением значительного массива информации по элементам взаимодействия на региональном уровне на основе экономико-математического моделирования.

Мы предлагаем в рамках данного исследования проводить анализ закономерностей и предпосылок формирования региональных инновационных систем именно с учетом данных предпосылок.

Целью исследования является разработка научно-обоснованной гибкой управленческой модели, с одной стороны, учитывающей специфику цикличности развития инновационной системы промышленного региона, а также уровень его социально-экономического развития, с другой стороны, способствующей преодолению экономического детерминизма территорий и стимулирующей экономический рост промышленного региона. Для достижения поставленной цели необходимо создать региональную модель одновременного инвестиционного, производственного и финансового планирования программ инновационного развития.

Проблемами планирования инвестиционных, производственных и финансовых программ в их взаимосвязи занимались такие ученые как Ю. Бригхем и Л. Гапенски [1], Л. Крушвиц [2], М.А. Лимитовский [3]. Так, Ю. Бригхем и Л. Гапенски [1] исследовали процессы планирования инвестиционных программ проектов коммерческих компаний. Л. Крушвиц [2] изучал процессы одновременного инвестиционного и финансового планирования, а также одновременного инвестиционного и производственного планирования. М.А. Лимитовский [3] дополнил их результаты учетом системных финансовых эффектов инвестиционных программ. Однако недостаточно исследованы процессы одновременного инвестиционного, производственного и финансового планирования. Кроме того, до сих пор данные технологии не адаптированы в государственных структурах к планированию программ инновационного развития регионов.

В большей степени различными учеными исследовались процессы одновременного и финансового планирования. Данный опыт может позволить сформировать собственную точку зрения по этому вопросу, дополнить при этом уже наработанные технологии еще и производственным планированием.

Так, С.В. Науменкова и О.И. Глазун [4] провели исследование, которое посвящено использованию имитационных и аналитических методов

количественного анализа и прогнозирования процессов управления инвестиционной и финансовой деятельностью предприятия. При помощи дополнительного включения параметра времени они взаимно увязали во времени ключевые переменные и функциональные области созданной ими модели.

Авторы Г. Хан и Г. Кун [5] выяснили, что, поскольку укрупненное планирование капитальных (разовых) инвестиций осуществляется на долгосрочном уровне, подробные сроки их корректировки остаются на среднесрочном уровне. В сочетании с мерами регулирования мощности для оптимизации использования активов можно использовать также время корректировки мощности. Исследование ученых представляет собой соответствующую технологию для оптимизации производительности на основе стоимости и рисков в цепочках поставок, охватывающих одновременно инвестиции, операции и финансовое планирование.

Ученые А.О. Недосекин и З.И. Абдулаева [6] в своей монографии провели обзор моделей и методов различных вариантов планирования: стратегического, инвестиционного, операционного, финансового в узком смысле, привели упрощенные виды планов, рассмотрели вопрос нормирования параметров плана.

Исследователи С.А. Рытиков, А.В. Богданов и А.Д. Кулаков [7] представили модель одновременного планирования и соответствующее инструментальное средство, учитывающее условия финансовой реализуемости, ликвидности и влияние налоговой нагрузки. Модель позволяет проводить оптимизацию схемы финансирования проекта (его полного финансового плана) по одному из двух критериев (максимум конечной стоимости имущества или максимальный чистый дисконтированный доход). Исследование показало, что предлагаемая модель позволяет находить сбалансированные схемы финансирования инвестиционных проектов; определять оптимальную очередность ввода их мощностей; эффективно использовать свободные средства, генерируемые проектом.

Авторы Э.В. Дингес и С.Н. Поздеева [8] в своей монографии предложили методы оптимизации инвестиционно-финансовых программ деятельности дорожных организаций, предусматривающие: 1) динамическую постановку задачи развития предприятия в краткосрочной и среднесрочной перспективе; 2) взаимоувязанное рассмотрение возможных вариантов инвестиционной и финансовой деятельности предприятий; 3) использование в качестве критерия оптимальности формирования

программы показателя, максимизирующего стоимость капитала предприятия в конце срока ее осуществления.

Несмотря на полезный опыт данных исследований одновременного и финансового планирования, следует все же использовать его для создания программ инновационного развития производственных компаний и промышленных регионов. В связи с этим отдельный интерес представляют работы следующих исследователей.

Для эффективной реализации соответствующих программ инновационного развития региона необходимо четко формулировать его цели и задачи, исходя из его социально-экономических ценностей. Так, М.А. Гершман [9] приводит рекомендации, которые могут служить определенными ориентирами для совершенствования государственной политики в рассматриваемой сфере. Это 1) дифференциация стимулирующих мер; 2) содействие развитию кооперации между государственными компаниями (с «открытыми» моделями функционирования) и другими субъектами; 3) согласование различных направлений корпоративной политики госкомпаний (социальной, экологической, финансовой, информационной и др.) с их инновационными стратегиями; 4) разработка мер, упреждающих риски имитации инновационной активности; 5) конкретизация инновационных стратегий, их интеграция в дорожные карты технологического развития секторов, рынков, регионов.

Исследователь О.А. Строева [10] разработала программу инновационного развития региональных экономических систем, которая включает в себя цели и задачи, этапы и конкретные мероприятия, а также ожидаемые результаты и источники финансирования на основе согласования макроинтересов регионов и микроинтересов хозяйствующих субъектов. Новизна исследования состоит в определении комплекса мероприятий, посредством которых администрация стимулирует развитие экономики региона.

Авторы М.С. Фабиана и др. [11] исследовали, как технологический инновационный процесс происходит в малых и средних технологических компаниях, расположенных в столичном регионе долина Параиба и Северное побережье — Бразилия. Используемая теоретическая методология состояла из шести авторских моделей инноваций: технологический толчок, вытягивание рынка, процесс объединения инноваций, процесс функциональной интеграции инноваций, процесс системной интеграции и сетевых инноваций и открытые инновации. В результате наблюдения за моделями инновационного развития, принятыми компаниями, ученым

видится, что модель ближе к тому, что было предложено в модели цепных взаимодействий. Получено, что развитие инноваций зависит от вида экономической деятельности, который развивает компания, и взаимодействий, которые она имеет с внутренней и внешней средой.

Ученые Е.П.Г. Васконцеллос и др. [12] утверждают, что ресурсы, вложенные в исследования, не гарантируют немедленного практического применения. Компании и правительства все чаще ищут механизмы для определения приоритетности проектов НИОКР в случае нехватки ресурсов. В связи с этим цель исследования ученых состояла в разработке и представлении методологии, используемой для оценки портфеля исследований и помощи в выборе наилучших инвестиций в исследования. Выводы показывают, что для управления портфелем НИОКР следует использовать критерии риска и отдачи при выборе проектов.

Таким образом, актуальной становится проблема планирования затрат на научно-исследовательские работы (НИР). Так, О.А. Феоктистова [13] выделяет в этом процессе следующие ключевые принципы:

- 1) понимание, что научно-исследовательская работа представляет собой уникальный по своим характеристикам процесс, отличающийся от любой другой работы, и требует особого методологического и законодательного подхода;
- 2) использование проектного подхода при планировании НИОКР и их финансирования как наиболее эффективного и доказавшего свою состоятельность в российской и международной практике;
- 3) обязательное применение конкурсных принципов финансирования научно-исследовательских проектов и независимой экспертной научной оценки, что позволит отбирать действительно лучших исполнителей и обеспечит высокое качество результатов;
- 4) выбор в качестве одного из ключевых критериев при планировании затрат на научно-исследовательский проект ожидаемых результатов от его реализации;
- 5) выбор в качестве ключевого критерия при определении финансирования научно-исследовательского проекта результатов, уже достигнутых его потенциальным исполнителем.

Исследователь В.Ф. Гапоненко [14] рассмотрел ситуации, в которых потенциально возможно снизить фактические затраты на выполнение НИР. К ним он отнес следующие:

- выполнение НИР, аналогичной работам, выполненным ранее тем же исполнителем — организацией науки или исследователем;
- выполнение НИР, близких к выполненным ранее другими исполнителями — организациями науки;
- выполнение (возможно одновременное) схожих НИР для различных заказчиков;
- использование ранее полученных результатов исследований, ранее собранных установок в новом исследовании при отсутствии аналогии между темами старых и новых исследований;
- включение в ТЗ задач, не соответствующих цели НИР, результаты которых могут быть использованы, например, в другой НИР или публикации, патенте.

В результате мы приходим к необходимости решения проблемы снижения затрат на НИР, причем таким образом, чтобы это повышало эффективность экономик промышленных регионов. К примеру, в работе С.Н. Яшина и др. [15] в результате проведенного форсайта эволюции инновационной системы федерального округа, основанного на использовании многоцелевого генетического алгоритма, было получено, что в целях повышения синергетического эффекта федерального округа планируется перенаправить инвестиционные ресурсы и затраты на НИР в те регионы, где экономико-финансовых ресурсов не хватает. Это позволит в итоге увеличить среднедушевые доходы населения в регионах федерального округа, что приведет в свою очередь к приросту населения в них.

В связи с этим актуальным является вопрос управления затратами на НИР в инновационно-индустриальных кластерах, которые способствуют социально-экономическому развитию регионов, где данные кластеры находятся. Для этого необходимо решать соответствующие проблемы управления кластерами. Так, А. Полянин и др. [16] разработали научно-методические рекомендации, которые могут способствовать своевременному выявлению реальных и потенциальных экономических угроз в кластере. Авторы создали методику оценки экономической безопасности кластера, которая характеризуется комплексным подходом,

учитывающим все возможные риски и угрозы в функционировании отдельных компонентов кластерной структуры.

Авторы Л. Ташенова и др. [17] разработали метод оценки цифрового потенциала магистральных инновационных активных промышленных кластеров. Метод разработан на основе существующих методов и подходов к оценке инновационного потенциала промышленных кластеров и цифрового потенциала промышленных предприятий и позволяет рассчитать итоговую интегральную оценку. Предложенный метод успешно опробован на примере кластера «Развитие информационных технологий, радиоэлектроники, приборостроения, связи и информационно-телекоммуникационных устройств Санкт-Петербурга».

Решение перечисленных проблем подводит к центральному вопросу настоящего исследования: как оптимизировать затраты на НИР в промышленном регионе? Несмотря на безусловную важность выявления необходимых параметров оптимизируемой целевой функции, важно также определиться с методами глобальной оптимизации, то есть выбрать те из них, которые позволят получить наиболее достоверное конечное решение проблемы. Для решения нашей задачи будем применять следующие подходы:

- 1) генетический алгоритм (Genetic Algorithm, GA);
- 2) имитационный отжиг (Simulated Annealing, SA);
- 3) поиск по шаблону (Pattern Search, PS).

Опишем их преимущества подробнее.

1. Эволюционные алгоритмы (Genetic Algorithm) являются относительно новыми, но очень мощными методами, используемыми для поиска решений многих реальных проблем поиска и оптимизации. Многие из этих проблем имеют многочисленные цели, что приводит к необходимости получения набора оптимальных решений, известных как эффективные решения. Было обнаружено, что использование эволюционных алгоритмов является высокоэффективным способом поиска множества эффективных решений в одном прогоне моделирования (Д. Калианмой [18]).
2. Метод отжига позволяет избежать «ловушки» в локальных экстремумах оптимизируемой функции и продолжить поиск глобального экстремума (А.С. Лопатин [19]). Кроме того, даже в условиях нехватки

вычислительных мощностей для нахождения глобального экстремума метод отжига, как правило, выдает неплохое решение, то есть один из локальных экстремумов [19]. Наконец, при сравнении адаптивного метода отжига (Adaptive Simulated Annealing, ASA) и генетических алгоритмов получено, что в большинстве задач метод отжига не проигрывает генетическим алгоритмам, а во многих и выигрывает (Л. Ингбер, Б. Розен [20]).

3. Прямой поиск (Pattern Search) — метод решения задач оптимизации, не требующий никакой информации о градиенте целевой функции. В отличие от более традиционных методов оптимизации, которые используют информацию о градиенте или более высоких производных для поиска оптимальной точки, алгоритм прямого поиска ищет множество точек вокруг текущей точки, ищущей точку, где значение целевой функции ниже значения в текущей точке. Прямой поиск можно использовать для решения проблем, для которых целевая функция не является дифференцируемой или даже не является непрерывной (А.Р. Конн, Н.И.М. Гоулд, Ф.Л. Тойнт [21, 22], Т.Г. Колда, Р.М. Льюис, В. Торкзон [23]).

Таким образом, используя три разных алгоритма для оптимизации затрат на НИР, мы можем проверить полученное решение.

Оптимизацию затрат на НИР промышленного региона будем проводить в зависимости от следующих факторов:

- инвестиционное планирование. Для этого будем использовать информацию о динамике инвестиций в основной капитал в регионе;
- производственное планирование. Здесь будем опираться на данные о динамике валового регионального продукта (ВРП);
- финансовое планирование. Поскольку в данной задаче мы рассматриваем возможности внешнего финансирования, которое дает дополнительную возможность промышленным компаниям региона развивать свои инновации, здесь будем использовать информацию о динамике кредиторской задолженности организаций.

Таким образом, оптимизация затрат на НИР ставится в зависимость от одновременных процессов инвестиционного, производственного и финансового планирования, что позволит получить наиболее эффективную комбинацию значений этих трех факторов.

Наконец, следует определить, что понимать под оптимизацией затрат на НИР: их максимизацию или минимизацию. В идеальном случае, естественно, необходимо исследовать проблему нахождения возможностей увеличения затрат на НИР, так как в этом случае промышленный регион будет развиваться интенсивнее за счет получения и внедрения новых технологий, что в свою очередь положительно отразится на инновационном развитии всей страны. Однако мы будем искать возможности снижения затрат на НИР до того оптимального значения, которое будет достижимо при одновременном инвестиционном, производственном и финансовом планировании региона, позволяющем определить наиболее целесообразные пропорции перечисленных трех факторов планирования в денежном выражении.

Наконец, региональная модель одновременного инвестиционного, производственного и финансового планирования программ инновационного развития должна быть достаточно детальной, для чего будут исследоваться несколько целевых функций внутренних текущих затрат на НИР промышленного региона: всего затраты на НИР, а также три их компоненты — фундаментальные исследования, прикладные исследования и разработки. Это позволит в итоге сделать более обоснованные выводы о том, как следует развивать промышленному региону свои внутренние текущие затраты на НИР в зависимости от планирования инвестиций в основной капитал, ВРП и кредиторской задолженности организаций.

Учитывая обозначенные допущения, представим этапы реализации рассматриваемой модели на *рис. 1*. Опишем эти этапы подробнее.

Этап 1 — сбор и подготовка статистических данных о динамике инвестиций, ВРП и задолженности компаний региона. Для построения качественных будущих нелинейных регрессий целевых функций затрат на НИР нужны данные о динамике инвестиций в основной капитал (x_1), ВРП (x_2) и кредиторской задолженности организаций (x_3) за большой срок, охватывающий 10 лет. Поскольку на сайте Федеральной службы государственной статистики есть данные о внутренних текущих затратах на НИР, инвестициях в основной капитал и кредиторской задолженности организаций за период до 2020 г. включительно, но при этом нет таких данных о ВРП за 2019 и 2020 гг., их будем прогнозировать самостоятельно, используя для этого интернет-сервис WolframAlpha.

Кроме того, для сравнимости собранных данных их необходимо будет скорректировать на все годовые темпы инфляции за рассматриваемый период.

Этап 2 — сбор и подготовка статистических данных о динамике затрат региона на НИР по видам работ. На данном этапе собирается статистическая информация о внутренних текущих затратах на НИР всего (y), а также по видам работ: фундаментальные исследования (y_1), прикладные исследования (y_2) и разработки (y_3). При этом данные должны быть за тот же срок, охватывающий 10 лет, как и срок на предыдущем этапе. После этого данные также корректируются на все годовые темпы инфляции за рассматриваемый период.

Этап 3 — построение нелинейных регрессий для целевых функций затрат на НИР по видам работ. Нелинейные регрессии более реально отражают экономические процессы по сравнению с линейными. Кроме того, в нашем случае регрессии вида $y = f(x_1, x_2, x_3)$ будут множественными. Чтобы их получить, используем пакет Statistica. О качестве регрессий целевых функций будем судить по коэффициенту детерминации (R^2) и уточненному коэффициенту детерминации (*adjusted* R^2), то есть по близости их значений к 1.

Этап 4 — оптимизация регрессий на заданных интервалах GA, SA и PS. Данную глобальную оптимизацию будем проводить в пакете Matlab, используя для этого генетический алгоритм (GA), имитационный отжиг (SA) и поиск по шаблону (PS). Для уточнения результатов методов GA и SA будем результаты оптимизации целевых функций дополнять гибридными функциями поиска по шаблону и метода внутренней точки (М.С. Бабынин, В.Г. Жадан [24]). То есть сначала запускаются алгоритмы GA или SA, а затем их результаты используются в качестве отправной точки для последующей оптимизации целевой функции с помощью гибридной функции. Это позволит получить более качественное решение в каждом конкретном случае оптимизации всех затрат на НИР, фундаментальных исследований, прикладных исследований и разработок.

Кроме того, если не задавать нижнее и верхнее значения каждого параметра целевой функции соответствующих затрат на НИР, ее минимальное значение может получиться равным минус бесконечности. Поэтому для каждого параметра x_1 , x_2 , x_3 соответствующей целевой функции будем задавать их фактические нижние и верхние значения за исследуемый период. Этот подход позволит также нам в дальнейшем сравнить оптимальное (минимальное) значение соответствующих затрат на НИР с их фактическим минимальным значением за исследуемый период.

Проиллюстрируем реализацию представленной модели на примере Нижегородской области, являющейся крупным промышленным регионом.

Этап 1 — сбор и подготовка статистических данных о динамике инвестиций, ВРП и задолженности компаний региона. На данном этапе необходимые исходные данные собираются с сайта Федеральной службы государственной статистики. Они представлены в колонках x_1 , x_2 и x_3 *табл. 1*. Поскольку на указанном сайте есть данные о внутренних текущих затратах на НИР лишь за период с 2015 по 2020 г., а также за 2010 г., данные об инвестициях в основной капитал и кредиторской задолженности организаций берем за те же годы. Кроме того, для сравнимости собранных данных их корректируем на все годовые темпы инфляции за рассматриваемый период согласно данным *табл. 2*. То есть все данные *табл. 3* представлены в ценах 2020 г.

Также решаем проблему недостатка данных о ВРП за 2019 и 2020 гг. на сайте Федеральной службы государственной статистики. Их прогнозируем самостоятельно в ценах 2020 г., используя для этого период с 2009 по 2018 г. и интернет-сервис WolframAlpha (*рис. 2*). Несмотря на самые низкие значения R^2 и уточненного R^2 , прогноз согласно натуральному логарифму представляется наиболее правдоподобным с экономической точки зрения, так как в 2020 г. мы ожидаем снижения значений ВРП вследствие пандемии.

Этап 2 — сбор и подготовка статистических данных о динамике затрат региона на НИР по видам работ. На данном этапе собирается статистическая информация о внутренних текущих затратах на НИР всего, а также по видам работ: фундаментальные исследования, прикладные исследования и разработки. Они представлены соответственно в колонках y , y_1 , y_2 и y_3 *табл. 1*. При этом эти данные за тот же срок, что и на предыдущем этапе. После этого они также корректируются на все годовые темпы инфляции за рассматриваемый период (*табл. 2*). Результаты представлены в *табл. 3*.

Этап 3 — построение нелинейных регрессий для целевых функций затрат на НИР по видам работ. На основе значений *табл. 3* в пакете Statistica получены следующие наиболее точные нелинейные регрессии:

– регрессия для всех затрат на НИР:

$$y = 1\,741\,889 - 0,8089667 x_1 - 0,4449632 x_2 - \frac{75\,140\,630\,000}{x_1} - \frac{715\,718\,200\,000}{x_2} - \frac{36\,550\,920\,000}{x_3};$$

$$R^2 = 0,999, \text{ уточненный } R^2 = 0,995;$$

– регрессия для фундаментальных исследований:

$$y_1 = 25\,140,5 - 0,04 x_3; R^2 = 0,992, \text{ уточненный } R^2 = 0,985;$$

– регрессия для прикладных исследований:

$$y_2 = 5\,310,287 + 0,003 x_3; R^2 = 0,41, \text{ уточненный } R^2 = 0,292;$$

– регрессия для разработок:

$$y_3 = -814\,037 + x_2; R^2 = 0,9999, \text{ уточненный } R^2 = 0,9996.$$

Этап 4 — оптимизация регрессий на заданных интервалах GA, SA и PS. Данная глобальная оптимизация проведена в пакете Matlab. Для этого применялись генетический алгоритм (GA), имитационный отжиг (SA) и поиск по шаблону (PS). Для уточнения результатов методов GA и SA результаты оптимизации целевых функций дополнялись гибридными функциями поиска по шаблону (PS) и метода внутренней точки (*fmincon*). При этом все целевые функции исследовались на сегментах фактических значений параметров x_1 , x_2 , x_3 за исследуемый период согласно данным *табл. 3*, то есть $x_1 \in [268\,126,9; 383\,102,1]$, $x_2 \in [1\,203\,298,9; 1\,478\,448,5]$, $x_3 \in [578\,234,4; 1\,425\,600]$. Результаты оптимизации для всех затрат на НИР, фундаментальных исследований, прикладных исследований и разработок представлены в *табл. 4–7*.

Как видно из *табл. 4*, наиболее совершенным для решения рассматриваемой задачи является алгоритм поиска по шаблону (PS). Кроме того, добавление данного алгоритма в качестве гибридной функции для генетического алгоритма (GA) или имитационного отжига (SA) позволяет достигнуть достаточно качественного решения проблемы оптимизации. Напротив, добавление метода внутренней точки (*fmincon*) в качестве гибридной функции далеко не всегда значительно повышает качество глобальной оптимизации.

Сравнивая теперь оптимальное (минимальное) значение соответствующих затрат на НИР с их фактическим минимальным значением за исследуемый период, получаем следующие выводы.

Для всех внутренних текущих затрат на НИР — на основе результатов *табл. 4*:

- 1) алгоритмы глобальной оптимизации позволяют спланировать минимум всех затрат на НИР (30 666,8 млн руб.), который меньше минимального значения, наблюдавшегося в исследуемый период (49 755,1 млн руб.);

2) минимума всех затрат на НИР возможно достичь при максимальных наблюдавшихся инвестициях в основной капитал (383 102,1 млн руб.), максимальном ВРП (1 478 448,5 млн руб.) и минимальной кредиторской задолженности организаций (578 234,4 млн руб.). Это означает, что инвестиции и объем ВРП нужно увеличивать, а задолженность организаций снижать.

Для фундаментальных исследований — на основе вида регрессии и результатов *табл. 5*:

- 1) объем затрат на фундаментальные исследования зависит лишь от кредиторской задолженности организаций;
- 2) уменьшение данной задолженности ниже 628 512,5 млн руб. требует затрат на фундаментальные исследования;
- 3) увеличение задолженности выше 628 512,5 млн руб. нецелесообразно, так как приводит к оттоку необходимых средств на фундаментальные исследования.

Для прикладных исследований — на основе вида регрессии и результатов *табл. 6*:

- 1) объем затрат на прикладные исследования зависит лишь от кредиторской задолженности организаций;
- 2) минимальное значение данных затрат (5 310,3 млн руб.) достигается при отсутствии рассматриваемой задолженности;
- 3) увеличение данной задолженности требует повышения затрат на прикладные исследования.

Для разработок — на основе вида регрессии и результатов *табл. 7*:

- 1) объем затрат на разработки зависит лишь от ВРП;
- 2) увеличение объема ВРП выше 814 037 млн руб. требует затрат на разработки;
- 3) уменьшение объема ВРП ниже 814 037 млн руб. нецелесообразно, так как приводит к оттоку необходимых средств на разработки.

В заключение сформулируем наиболее важные выводы по результатам исследования.

1. Региональная модель планирования программ инновационного развития подразумевает оптимизацию внутренних текущих затрат на НИР промышленного региона в зависимости от его инвестиционного планирования по данным о динамике инвестиций в основной капитал в регионе, производственного планирования согласно данным о динамике ВРП и финансового планирования по данным о динамике кредиторской задолженности организаций.
2. Под оптимизацией затрат на НИР мы понимаем возможности их снижения до того оптимального значения, которое будет достижимо при одновременном инвестиционном, производственном и финансовом планировании региона, позволяющем определить наиболее целесообразные пропорции перечисленных трех факторов планирования в денежном выражении.
3. Представленная региональная модель должна быть достаточно детальной, для чего исследуются несколько целевых функций внутренних текущих затрат на НИР промышленного региона: всего затраты на НИР, а также три их компоненты — фундаментальные исследования, прикладные исследования и разработки. Это позволит в итоге сделать более обоснованные выводы о том, как следует развивать промышленному региону свои внутренние текущие затраты на НИР в зависимости от планирования инвестиций в основной капитал, ВРП и кредиторской задолженности организаций.
4. Наиболее совершенным для решения рассматриваемой задачи является алгоритм поиска по шаблону. Кроме того, добавление данного алгоритма в качестве гибридной функции для генетического алгоритма или имитационного отжига позволяет достигнуть достаточно качественного решения проблемы оптимизации. Напротив, добавление метода внутренней точки в качестве гибридной функции далеко не всегда значительно повышает качество глобальной оптимизации.
5. В Нижегородской области для минимизации всех внутренних текущих затрат на НИР следует увеличивать инвестиции в основной капитал и объем ВРП, а также снижать размер кредиторской задолженности организаций.
6. При этом для фундаментальных исследований существует предел задолженности организаций, превышение которого нецелесообразно, так как это приводит к оттоку необходимых средств на фундаментальные исследования.

7. Увеличение данной задолженности приводит также к повышению затрат на прикладные исследования.
8. Для разработок существует нижний предел объема ВРП, ниже которого опускаться нецелесообразно, так как это приводит к оттоку необходимых средств на разработки. Поскольку разработки составляют основную часть всех затрат на НИР, управление ВРП, то есть производством, составляет основную часть успешного финансирования всех затрат на НИР в рассматриваемом промышленном регионе.

Представленная модель позволит государственным структурам и их экспертам принимать более качественные решения в отношении планирования инновационного развития промышленных регионов страны.

Таблица 1

Исходные данные о Нижегородской области, млн руб.

Table 1

Initial data on the Nizhny Novgorod Oblast, million RUB

Год	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Кредиторская задолженность организаций	Внутренние текущие затраты на НИР по видам работ			
				Всего	Фундаментальные исследования	Прикладные исследования	Разработки
	x_1	x_2	x_3	y	y_1	y_2	y_3
2010	192 072,4	652 805,9	313 700	26 992,8	1 224,7	4 211,6	21 556,4
2015	235 066,7	1 104 643,2	623 100	56 870,6	1 912	5 222,2	49 736,4
2016	232 010,4	1 160 782,3	836 700	66 317,1	1 901,6	6 592,4	57 823,2
2017	245 268	1 261 939,4	869 200	64 278,4	2 026	6 620,8	55 631,5
2018	259 392,9	1 367 544	999 200	66 202,2	2 219,5	9 123,8	54 858,9
2019	295 252,2		1 249 100	76 896,2	4 738	9 506	62 652,2
2020	383 102,1		1 425 600	68 750,3	5 220,1	8 560,3	54 969,9

Источник: Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru>

Source: The Federal State Statistic Service data. URL: <https://www.gks.ru>

Таблица 2**Годовые темпы инфляции, %****Table 2****Annual inflation rates, percent point**

Год	Инфляция
2010	8,78
2011	6,1
2012	6,58
2013	6,45
2014	11,36
2015	12,91
2016	5,38
2017	2,52
2018	4,27
2019	3,05
2020	4,91

Источник: Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru>

Source: The Federal State Statistic Service data. URL: <https://www.gks.ru>

Таблица 3**Исходные данные о Нижегородской области в ценах 2020 г., млн руб.****Table 3****Initial data on the Nizhny Novgorod Oblast at 2020 values, million RUB**

Год	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Кредиторская задолженность организаций	Внутренние текущие затраты на НИР по видам работ			
				Всего	Фундаментальные исследования	Прикладные исследования	Разработки
	x_1	x_2	x_3	y	y_1	y_2	y_3
2010	354 041,7	1 203 298,9	578 234,4	49 755,1	2 257,5	7 763,1	39 734,3
2015	286 274,2	1 345 281,2	758 837,5	69 259,4	2 328,5	6 359,8	60 571,1
2016	268 126,9	1 341 478,2	966 946,9	76 640,5	2 197,6	7 618,6	66 824,4
2017	276 480,9	1 422 534,3	979 814,8	72 458,5	2 283,8	7 463,4	62 711,2
2018	280 429	1 478 448,5	108 0232,7	71 571	2 399,5	9 863,7	59 307,8
2019	309 749,1	1 462 385,4	1 310 430,8	80 671,8	4 970,6	9 972,7	65 728,4
2020	383 102,1	1 474 349,6	1 425 600	68 750,3	5 220,1	8 560,3	54 969,9

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Результаты глобальной оптимизации регрессии для всех затрат на НИР, млн руб.

Table 4

Results of global optimization of regression for all R&D costs, million RUB

Алгоритм	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Кредиторская задолженность организаций	Всего затраты на НИР
	x_1	x_2	x_3	y
GA	383 039,2	1 473 402,4	582 875,9	31 776,3
GA + <i>fmincon</i>	383 102,1	1 478 448,5	578 234,4	30 666,8
GA + PS	383 102,1	1 478 448,5	578 234,4	30 666,8
SA	363 744,5	1 203 308,3	578 253,4	47 626,6
SA + <i>fmincon</i>	383 102,1	1 203 298,9	578 234,4	42 402,3
SA + PS	383 101,9	1 478 448,1	578 235,1	30 667
PS	383 102,1	1 478 448,5	578 234,4	30 666,8

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5

Результаты глобальной оптимизации регрессии для фундаментальных исследований, млн руб.

Table 5

Results of global optimization of regression for basic research, million RUB

Алгоритм	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Кредиторская задолженность организаций	Фундаментальные исследования
	x_1	x_2	x_3	y_1
Аналитически	—	—	628 512,5	0

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 6

Результаты глобальной оптимизации регрессии для прикладных исследований, млн руб.

Table 6

Results of global optimization of regression for applied studies, million RUB

Алгоритм	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Кредиторская задолженность организаций	Прикладные исследования
	x_1	x_2	x_3	y_2
Аналитически	—	—	0	5 310,3

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 7**Результаты глобальной оптимизации регрессии для разработок, млн руб.****Table 7****Results of global optimization of regression for development, million RUB**

Алгоритм	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Кредиторская задолженность организаций	Разработки
	x_1	x_2	x_3	y_3
Аналитически	—	814 037	—	0

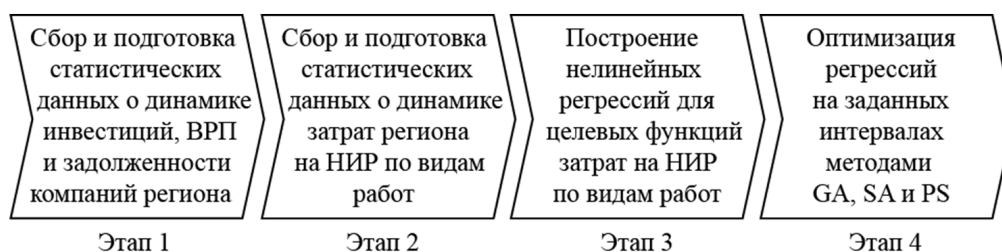
Источник: авторская разработка*Source:* Authoring**Рисунок 1****Этапы реализации региональной модели одновременного инвестиционного, производственного и финансового планирования программ инновационного развития****Figure 1****Implementation stages of regional model of simultaneous investment, production and financial planning of innovative development programs***Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring

Рисунок 2

Графики трех лучших прогнозных функций ВРП Нижегородской области в ценах 2020 г., млн руб.

Figure 2

Graphs of top three forecast functions of GRP of the Nizhny Novgorod Oblast at 2020 values, million RUB

Least-squares best fits

$$2733.04 x^3 - 50\,181.7 x^2 + 293\,422. x + 831\,795. \quad (\text{cubic})$$

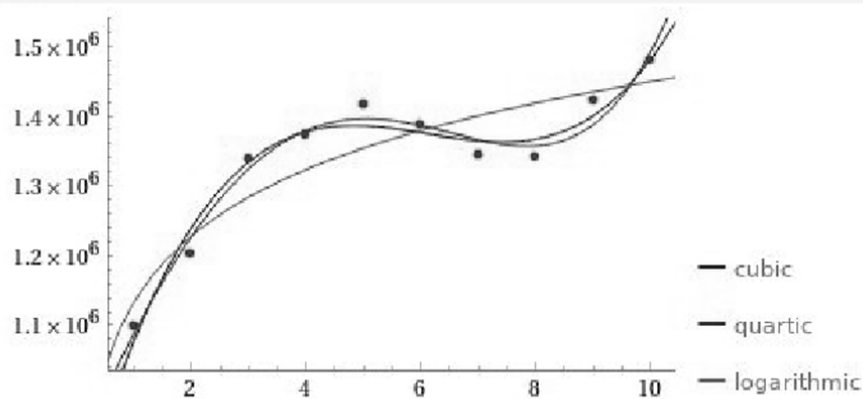
$$239.151 x^4 - 2528.28 x^3 - 11\,678.4 x^2 + 188\,195. x + 913\,872. \quad (\text{quartic})$$

$$137\,502. \log(x) + 1.13267 \times 10^6 \quad (\text{logarithmic})$$

Fit diagnostics

	AIC	BIC	R^2	adjusted R^2
cubic	238.324	239.836	0.961704	0.942557
quartic	238.686	240.501	0.970059	0.946106
logarithmic	249.424	250.332	0.810753	0.787097

Plot



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Brigham E.F., Gapenski L.C., Daves P.R.* Intermediate Financial Management. Orlando, The Dryden Press, 4th ed., 1993, 1122 p.
2. *Kruschwitz L., Lorenz D.* Investitionsrechnung. De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2019, 427 p.
3. *Лимитовский М.А., Лимитовская Е.В.* Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках. М.: Юрайт, 2014. 486 с.
4. *Науменкова С.В., Глазун О.И.* Использование методов количественного прогнозирования в процессе финансового планирования деятельности предприятия // Вісник Української академії банківської справи. 2002. № 1. С. 32—36. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/57577>
5. *Hahn G.J., Kuhn H.* Simultaneous Investment, Operations, and Financial Planning in Supply Chains: A Value-Based Optimization Approach. *International Journal of Production Economics*, 2012, vol. 140, iss. 2, pp. 559–569. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.02.018>
6. *Недосекин А.О., Абдулаева З.И.* Модели и методы финансового планирования: монография. СПб.: Политехнический университет, 2013. 176 с.
7. *Рытиков С.А., Богданов А.В., Кулаков А.Д.* Применение моделей одновременного инвестиционно-финансового планирования при экспертизе инвестиционных проектов резидентов особой экономической зоны // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 57—68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-modeley-odnovremennogo-investitsionno-finansovogo-planirovaniya-pri-ekspertize-investitsionnyh-proektov-rezidentov>
8. *Дингес Э.В., Поздеева С.Н.* Методы планирования инвестиционно-финансовой деятельности предприятий дорожного хозяйства: монография. М.: МАДИ, 2018. 116 с.
9. *Гершман М.А.* Программы инновационного развития компаний с государственным участием: первые итоги // Форсайт. 2013. Т. 7. № 1. С. 28—43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmy-innovatsionnogo-razvitiya-kompaniy-s-gosudarstvennym-uchastiem-pervye-itogi>

10. *Строева О.А.* Разработка программы инновационного развития региональных экономических систем // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2011. № 5. С. 115—124.
URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54811/1/vestnik_2011_5_010.pdf
11. *Da Silva F.M., de Araujo Querido Oliveira E.A., de Moraes M.B.* Innovation Development Process in Small and Medium Technology-based Companies. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 2016, vol. 13, iss. 3, pp. 176–189.
URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rai.2016.04.005>
12. *Vasconcellos E.P.G., Muritiba S.N., Prado S.M.A. et al.* Analyzing R&D Projects on Health Products. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 2016, vol. 13, iss. 3, pp. 199–210. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rai.2016.06.001>
13. *Феокистова О.А.* Планирование затрат на научные исследования: проектный подход // Финансовый журнал. 2014. № 1. С. 69—80.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-zatrat-na-nauchnye-issledovaniya-proektnyy-podhod>
14. *Гапоненко В.Ф.* Вопросы планирования затрат на выполнение научно-исследовательских работ // Труды Академии управления МВД России. 2018. № 1. С. 58—62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-planirovaniya-zatrat-na-vypolnenie-nauchno-issledovatelских-rabot>
15. *Yashin S., Yashina N., Koshelev E. et al.* Foresight of Volga Federal District Innovation System Development Using a Multi-Objective Genetic Algorithm. *International Journal of Technology*, 2020, vol. 11, no. 6, pp. 1171–1180.
URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i6.4432>
16. *Polyanin A., Pronyaeva L., Pavlova A., Fedotenkova O., Rodionov D.* Integrated Approach for Assessing the Economic Security of a Cluster. *International Journal of Technology*, 2020, vol. 11, iss. 6, pp. 1148–1160.
URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i6.4420>
17. *Tashenova L., Babkin A., Mamrayeva D., Babkin I.* Method for Evaluating the Digital Potential of a Backbone Innovative Active Industrial Cluster. *International Journal of Technology*, 2020, vol. 11, no. 8, pp. 1499–1508.
URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i8.4537>
18. *Kalyanmoy D.* Multiobjective Optimization Using Evolutionary Algorithms: An Introduction. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2001.

19. Лопатин А.С. Метод отжига // Стохастическая оптимизация в информатике. 2005. Т. 1. С. 133—149. URL: <https://readera.org/14339381>
20. Ingber L., Rosen B. Genetic Algorithms and Very Fast Simulated Reannealing: A Comparison. *Mathematical and Computer Modelling*, 1992, vol. 16, iss. 11, pp. 87-100.
URL: [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(92\)90108-W](https://doi.org/10.1016/0895-7177(92)90108-W)
21. Conn A.R., Gould N.I.M., Toint Ph.L. A Globally Convergent Augmented Lagrangian Algorithm for Optimization with General Constraints and Simple Bounds. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 1991, vol. 28, no. 2, pp. 545–572. URL: <https://doi.org/10.1137/0728030>
22. Conn A.R., Gould N.I.M., Toint Ph.L. A Globally Convergent Augmented Lagrangian Barrier Algorithm for Optimization with General Inequality Constraints and Simple Bounds. *Mathematics of Computation*, 1997, vol. 66, no. 217, pp. 261–288.
23. Kolda T.G., Lewis R.M., Torczon V. A Generating Set Direct Search Augmented Lagrangian Algorithm for Optimization with a Combination of General and Linear Constraints. Sandia National Laboratories, August 2006, 44 p.
24. Бабынин М.С., Жадан В.Г. Прямой метод внутренней точки для линейной задачи полуопределенного программирования // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2008. Т. 48. № 10. С. 1780—1801.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

A REGIONAL MODEL OF SIMULTANEOUS INVESTMENT, PRODUCTION AND FINANCIAL PLANNING OF PROGRAMS FOR INNOVATION DEVELOPMENT

Sergei N. YASHIN ^{a,*},
Egor V. KOSHELEV ^b,
Aleksii A. IVANOV ^c

^a National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
jashinsn@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-7182-2808>

^b National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
ekoshelev@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-5290-7913>

^c National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
alexey.iff@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4299-4042>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 566/2021
Received 21 Oct 2021
Received in revised
form 4 November 2021
Accepted 18 Nov 2021
Available online
31 January 2022

JEL classification:
C63, E17, O21, O36

Keywords: innovation-
driven growth,
investment planning,
production planning,
financial planning,
R&D cost

Abstract

Subject. We address the planning of programs for innovative development of the region, which are based on simultaneous investment, production and financial planning.

Objectives. The aim is to create a scientifically sound flexible management model that would consider the specificity of cyclical development of industrial region's innovative system and the level of its socio-economic development, help overcome the economic determinism of territories, and boost the economic growth.

Methods. The regional model of planning the innovative development programs implies global optimization of domestic current costs of research and development (R&D) of the industrial region, depending on its investment planning, and based on data on trends in fixed investments in the region; on production planning, according to data on trends in GRP; and on financial planning, based on data on trends in accounts payable of organizations.

Results. We created a regional model for planning the innovative development programs. It rests on simultaneous investment, production and financial planning. The model has certain implementation features. The most elaborate for solving the problem under review is a pattern search algorithm. Adding this algorithm as a hybrid function for a genetic algorithm enables to achieve a sufficiently high-quality solution to the optimization problem. In contrast, adding the interior point method as a hybrid function does not always significantly improve the quality of global optimization.

Conclusions. The presented model helps government entities make

better decisions regarding the planning of innovative development of the country's industrial regions.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2021

Please cite this article as: Yashin S.N., Koshelev E.V., Ivanov A.A. A Regional Model of Simultaneous Investment, Production and Financial Planning of Programs for Innovation Development. *Finance and Credit*, 2022, vol. 28, iss. 1, pp. 1823–1838.
<https://doi.org/10.24891/fc.28.1.35>

Acknowledgments

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), grant № 19-010-00932.

References

1. Brigham E.F., Gapenski L.C., Daves P.R. *Intermediate Financial Management*. Orlando, The Dryden Press, 4th ed., 1993, 1122 p.
2. Kruschwitz L., Lorenz D. *Investitionsrechnung*. De Gruyter Oldenbourg Verlag, 2019, 427 p.
3. Limitovskii M.A., Limitovskaya E.V. *Investitsionnye proekty i real'nye optsiony na razvivayushchikhsya rynkakh* [Investment projects and real options in developing markets]. Moscow, Yurait Publ., 2014, 486 p.
4. Naumenkova S.V., Glazun O.I. [The methods of the quantitative analysis and forecasting of managerial processes by financial activity of the enterprise]. *Вісник Української академії банківської справи*, 2002, no. 1, pp. 32–36. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/57577> (In Russ.)
5. Hahn G.J., Kuhn H. Simultaneous Investment, Operations, and Financial Planning in Supply Chains: A Value-Based Optimization Approach. *International Journal of Production Economics*, 2012, vol. 140, iss. 2, pp. 559–569. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.02.018>
6. Nedosekin A.O., Abdulaeva Z.I. *Modeli i metody finansovogo planirovaniya: monografiya* [Models and methods of financial planning: a monograph]. St. Petersburg, Polytechnic University Publ., 2013, 176 p.
7. Rytikov S.A., Bogdanov A.V., Kulakov A.D. [Applying the models of simultaneous investment and financial planning for preliminary appraisal of investment projects in a special economic zone]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2014, no. 40,

- pp. 57–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-modeley-odnovremennogo-investitsionno-finansovogo-planirovaniya-pri-ekspertize-investitsionnyh-proektov-rezidentov> (In Russ.)
8. Dinges E.V., Pozdeeva S.N. *Metody planirovaniya investitsionno-finansovoi deyatel'nosti predpriyatii dorozhnogo khozyaistva: monografiya* [Methods of planning investment and financial activities of road industry enterprises: a monograph]. Moscow, MADI Publ., 2018, 116 p.
 9. Gershman M.A. [Innovation development programmes for the State-owned companies: First results]. *Forsait = Foresight-Russia*, 2013, vol. 7, no. 1, pp. 28–43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmy-innovatsionnogo-razvitiya-kompaniy-s-gosudarstvennym-uchastiem-pervye-itogi> (In Russ.)
 10. Stroeva O.A. [Workout of the programme of innovation development of regional economic systems]. *Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravlenie = Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2011, no. 5, pp. 115–124. (In Russ.)
URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/54811/1/vestnik_2011_5_010.pdf
 11. Da Silva F.M., de Araujo Querido Oliveira E.A., de Moraes M.B. Innovation Development Process in Small and Medium Technology-based Companies. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 2016, vol. 13, iss. 3, pp. 176–189. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rai.2016.04.005>
 12. Vasconcellos E.P.G., Muritiba S.N., Prado S.M.A. et al. Analyzing R&D Projects on Health Products. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 2016, vol. 13, iss. 3, pp. 199–210. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rai.2016.06.001>
 13. Feoktistova O.A. [Planning of the research costs: The project-based approach]. *Finansovyi zhurnal = Financial Journal*, 2014, no. 1, pp. 69–80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-zatrat-na-nauchnye-issledovaniya-proektnyy-podhod> (In Russ.)
 14. Gaponenko V.F. [The questions of costs' planning on implementation of the scientific research works in the system of the Interior Ministry of Russia]. *Trudy Akademii upravleniya MVD Rossii = Proceedings of Management Academy of the Ministry of the Interior of Russia*, 2018, no. 1, pp. 58–62. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-planirovaniya-zatrat-na-vypolnenie-nauchno-issledovatel'skih-rabot> (In Russ.)

15. Yashin S., Yashina N., Koshelev E. et al. Foresight of Volga Federal District Innovation System Development using a Multi-Objective Genetic Algorithm. *International Journal of Technology*, 2020, vol. 11, no. 6, pp. 1171–1180. URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i6.4432>
16. Polyandin A., Pronyaeva L., Pavlova A., Fedotenkova O., Rodionov D. Integrated Approach for Assessing the Economic Security of a Cluster. *International Journal of Technology*, 2020, vol. 11, iss. 6, pp. 1148–1160. URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i6.4420>
17. Tashenova L., Babkin A., Mamrayeva D., Babkin I. Method for Evaluating the Digital Potential of a Backbone Innovative Active Industrial Cluster. *International Journal of Technology*, 2020, vol. 11, no. 8, pp. 1499–1508. URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i8.4537>
18. Kalyanmoy D. Multi-objective Optimization Using Evolutionary Algorithms: An Introduction. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2001.
19. Lopatin A.S. [Annealing method]. *Stokhasticheskaya optimizatsiya v informatike = Stochastic Optimization in Computer Science*, 2005, vol. 1, pp. 133–149. URL: <https://readera.org/14339381> (In Russ.)
20. Ingber L., Rosen B. Genetic Algorithms and Very Fast Simulated Reannealing: A Comparison. *Mathematical and Computer Modelling*, 1992, vol. 16, iss. 11, pp. 87–100. URL: [https://doi.org/10.1016/0895-7177\(92\)90108-W](https://doi.org/10.1016/0895-7177(92)90108-W)
21. Conn A.R., Gould N.I.M., Toint Ph.L. A Globally Convergent Augmented Lagrangian Algorithm for Optimization with General Constraints and Simple Bounds. *SIAM Journal on Numerical Analysis*, 1991, vol. 28, no. 2, pp. 545–572. URL: <https://doi.org/10.1137/0728030>
22. Conn A.R., Gould N.I.M., Toint Ph.L. A Globally Convergent Augmented Lagrangian Barrier Algorithm for Optimization with General Inequality Constraints and Simple Bounds. *Mathematics of Computation*, 1997, vol. 66, no. 217, pp. 261–288.
23. Kolda T.G., Lewis R.M., Torczon V. A Generating Set Direct Search Augmented Lagrangian Algorithm for Optimization with a Combination of General and Linear Constraints. Sandia National Laboratories, August 2006, 44 p.

24. Babynin M.S., Zhadan V.G. [A primal interior point method for the linear semidefinite programming problem]. *Zhurnal vychislitel'noi matematiki i matematicheskoi fiziki = Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2008, vol. 48, no. 10, pp. 1780–1801. (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.