

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕКРЕСТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ЗАТРАТ НА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ В ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ*

Сергей Николаевич ЯШИН^{a*}, Егор Викторович КОШЕЛЕВ^b,
Сергей Александрович БОРИСОВ^c

^a 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

^b 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

^c кандидат экономических наук,
доцент кафедры менеджмента и государственного управления,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
имени Н.И. Лобачевского (ННГУ),
Нижний Новгород, Российская Федерация
ser211188@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6829-0230>
SPIN-код: 9422-4591

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 613/2021
Получена 04.11.2021
Получена
в доработанном виде
29.11.2021
Одобрена 13.12.2021
Доступна онлайн
28.02.2022

УДК 332.142.2
JEL: C63, E17, O21,
O36

Аннотация

Предмет. Моделирование оптимального перекрестного финансирования затрат на научно-исследовательские работы (НИР) в пределах регионов страны, имеющих научный потенциал.
Цели. Разработка модели оптимизации и планирования перекрестного финансирования затрат на НИР в федеральном округе, учитывающей конкретные технологические и экономические результаты НИР регионов округа.
Методология. Используются генетический алгоритм, имитационный отжиг и поиск по шаблону.
Результаты. Разработана модель с определенными положительными характеристиками.
Область применения. Представленный подход может

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

Ключевые слова: способствовать принятию более качественных решений инновационное государственными структурами и их экспертами в отношении развитие регионов, планирования инновационного развития промышленных регионов страны. инвестиционное планирование, **Выводы.** В условиях экономии федеральных бюджетных средств производственное федеральный округ может частично сам профинансировать все планирование, затраты на НИР в тех регионах, которые в этом нуждаются. финансовое планирование, Чтобы более обоснованно определить такие регионы, необходимо научно-анализировать эту ситуацию подробнее, то есть в разрезе исследовательские работы различных затрат на НИР по видам работ.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2021

Для цитирования: Яшин С.Н., Кошелев Е.В., Борисов С.А. Моделирование перекрестного финансирования затрат на научно-исследовательские работы в федеральном округе // *Финансы и кредит*. — 2022. — Т. 28, № 2. — С. 295 — 321. <https://doi.org/10.24891/fc.28.2.295>

В настоящее время затраты на научно-исследовательские работы (НИР) являются важной составляющей расходов государственного бюджета. Финансирование НИР позволяет государству решать задачи глобальных технологических вызовов, включая проблемы реализации политики импортозамещения.

Однако не до конца решенными остаются вопросы оптимального объема финансирования затрат на НИР в пределах страны и ее регионов, имеющих соответствующий научный потенциал. Под научным потенциалом мы понимаем как научно-исследовательские институты и вузы, так и ученых, работающих в данных институтах.

Решать подобного рода задачи представляется невозможным в отрыве от конкретных технологических и экономических результатов НИР регионов. Планирование данных результатов, а также необходимых для их достижения ресурсов является актуальной задачей оптимизации затрат на НИР. В связи с этим мы выделяем три вида планирования: инвестиционное, производственное и финансовое. При этом все три процесса мы рассматриваем одновременно. Это позволит охватить широкий круг задач оптимизации затрат на НИР в регионах и способствовать их инновационному развитию.

Подобные вопросы достаточно подробно исследовались многими учеными применительно к планированию развития бизнеса компаний. Так, например, Л. Крушвиц и Д. Лоренц [1] изучали процессы одновременного инвестиционного и финансового планирования, а также одновременного

инвестиционного и производственного планирования. М.А. Лимитовский¹ дополнил их результаты учетом системных финансовых эффектов инвестиционных программ. Под такими эффектами он понимал кросс-финансирование, кросс-субсидирование, кросс-холдинг и кросс-хеджирование.

И хотя результаты, полученные различными учеными, в том числе упомянутыми, представляют реальный практический интерес для реализации успешного развития коммерческих фирм, мы стремимся использовать их опыт для оптимизации и планирования национальных и региональных затрат на НИР. В этой области также есть полезные результаты, полученные различными исследователями.

Авторы С.П. Дэхмер и др. [2], основываясь на последних изменениях в области расходов на науку в таких странах, как Китай, Корея, Индия и Бразилия, установили, что мировая научная деятельность переживает крупные перестановки. Но не ясно, ограничивается ли эта новая упорядоченность краткосрочными высокими расходами на НИР или же эти изменения происходят в долгосрочной перспективе. Новые, более всеобъемлющие оценки расходов на исследования и разработки (НИОКР), представленные и обсуждаемые в работе ученых, свидетельствуют о возможной нерегулярной перестановке глобальной структуры НИОКР. Эти изменения могут иметь глубокие внутренние и международные последствия для экономического развития в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Используя эволюционирующую структуру прошлых расходов на НИОКР для перспективного прогнозирования и при отсутствии заметных изменений в научной политике и приоритетах расходов, авторы прогнозируют продолжение существенного сдвига в географии НИОКР в сторону стран Азии, а также продолжающийся большой и во многих отношениях растущий разрыв между научными имущими и неимущими в мире.

Исследователи Д. Киселякова и др. [3] рассматривают отношения между расходами на НИОКР и развитием глобальной конкурентоспособности в Словакии, а также в государствах — членах Европейского союза из Центральной и Восточной Европы (СЕЕ ЕУ (11)). Для оценки конкурентоспособности стран СЕЕ ЕУ (11) ученые использовали глобальный индекс конкурентоспособности (GCI), обработанный Всемирным экономическим форумом (ВЭФ). Используя корреляционный анализ, авторы сосредоточились на обнаружении взаимосвязей между

¹ *Лимитовский М.А., Лимитовская Е.В.* Инвестиционные проекты и реальные опционы на развивающихся рынках: учеб. пособ. М.: Юрайт, 2014. 486 с.

ростом расходов на НИОКР на душу населения с использованием пяти переменных GERD и значениями общего показателя GCI, а также его тремя основными подиндексами в случае стран СЕЕ EU (11) за период 2007—2016 гг. При этом ученые установили, что увеличение расходов на НИОКР может в значительной степени способствовать повышению уровня конкурентоспособности стран СЕЕ EU (11). Все проведенные анализы подтвердили важность сосредоточения внимания на увеличении расходов на НИОКР, особенно в секторе высшего образования, поскольку это оказывает значительное влияние на повышение глобальной конкурентоспособности стран СЕЕ EU (11) в случае ряда субиндексов GCI.

В связи с этим особую важность приобретает вопрос национальных и региональных затрат на НИР. Так, О.А. Феоктистова [4] при планировании НИОКР и их финансирования выделяет: использование проектного подхода, выбор в качестве одного из ключевых критериев ожидаемых результатов от реализации научно-исследовательского проекта, выбор в качестве ключевого критерия уже достигнутых результатов научно-исследовательского проекта его потенциальным исполнителем.

Автор В.Ф. Гапоненко [5] рассмотрел ситуации, в которых потенциально возможно снизить фактические затраты на выполнение НИР: 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.

Тем не менее в данных работах, на наш взгляд, недостаточно проработано решение проблемы выбора обоснованных количественных ориентиров для планирования затрат на НИР регионов страны. Также открытым остается вопрос планирования перераспределения затрат на НИР между регионами. Напротив, в работе С.Н. Яшина и др. [6] 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 ресурсов не хватает. Это позволит в

итоге увеличить среднедушевые доходы населения в регионах федерального округа, что приведет к приросту населения в них.

Это подводит нас к необходимости решения задачи оптимизации региональных затрат на НИР и прежде всего к выбору для этой цели наиболее рациональных методов. Так, М. Ильдирар, М. Озмен и Э. Искан² предоставили новые оценки влияния расходов на НИОКР на экономический рост. В то же время они установили, что есть различные виды расходов на НИОКР, и каждый из них имеет различное значение для экономического роста. Таким образом, авторы рассмотрели влияние различных видов расходов на НИОКР на экономический рост в отдельных странах ОЭСР с использованием данных, относящихся к периоду 2003—2014 гг. Учеными было установлено, что все расходы на НИОКР оказывают положительное и значительное влияние на экономический рост в отдельных странах ОЭСР, однако их значение различно. Поэтому директивные органы должны разрабатывать политику стимулирования НИОКР в зависимости от особенностей стран. Соответственно, страны должны выделять больше ресурсов на различные виды расходов на НИОКР для достижения устойчивых темпов роста.

Авторы Н. Салими и Дж. Резаи [7] установили, что придание одинакового уровня важности различным показателям НИОКР, что является общим подходом в существующих исследованиях, может чрезмерно упростить процесс измерения НИОКР и привести к неправильному толкованию эффективности и, как следствие, ошибочности выбранных стратегий НИОКР. Цель авторского исследования состояла в том, чтобы измерить исполнение НИОКР с учетом различных уровней важности мер НИОКР с использованием метода принятия решений с применением нескольких критериев, который называется «лучшим наихудшим методом» (BWM) для определения весов важности мер НИОКР и измерения исполнения НИОКР 50 высокотехнологичных компаний в Нидерландах на основе данных, собранных по опросу среди этих компаний и экспертов в области НИОКР. Результаты показывают, что присвоение различных весов различным показателям НИОКР (в отличие от простых средних показателей) приводит к различному ранжированию фирм и позволяет руководителям НИОКР формулировать более эффективные стратегии повышения эффективности НИОКР своей фирмы путем применения знаний о важности различных показателей НИОКР.

² *Ildirar M., Özmen M., İşcan E.* The Effect of Research and Development Expenditures on Economic Growth: New Evidences. In: *Proceedings of International Conference of Eurasian Economies*. Hungary, Kaposvár, 2016, pp. 36–43. URL: <https://doi.org/10.36880/C07.01776>

Исследователи А. Бин и др. [8] предложили всеобъемлющие критерии для отбора проектов НИОКР и инноваций в условиях неопределенности и с учетом реальных ограничений, применимых к бразильскому сектору электроэнергетики, с использованием комбинации целочисленных формулировок программирования и метода, основанного на технологии PROMETHEE. Цель работы авторов состояла в том, чтобы внести свой вклад в эту область, предложить подход, пригодный для решения проблем данного сектора, а также применимый к другим ситуациям, связанным с инвестициями в НИОКР и инновации в аналогичных условиях. Данная статья сравнивает предложенный способ с аналогичными подходами, найденными в литературе, такими как PROMETHEE II и V. Ученые выявили наилучшие результаты предлагаемого приложения в решении регулятивных проблем сектора электроэнергетики, которые подчеркивают выполнение компаниями обязательств по НИОКР и расходам на инновации. Таким образом, хотя выбор проектов НИОКР и инноваций не является типичным примером оптимизации, при определенных региональных, секторальных или организационных ограничениях это может быть лучшим решением.

Авторы М.Ц. Хуанг, М.Х. Лёу и Й. Иваки [9], принимая во внимание парадокс побочного эффекта НИОКР, избавленного от глобальной цепочки поставок, использовали расчетную модель общего равновесия с базой данных GTAP v10 для анализа влияния государственных инвестиций Японии в НИОКР на ключевые секторы глобальной цепочки поставок, а именно: химическое и фармацевтическое, электронное оборудование, машины и транспортное оборудование для проверки его выпуска, внешней торговли и благосостояния. Параметры производительности, инициируемые государственными инвестициями в НИОКР, откалиброваны из интеллектуальной системы содействия разработке политики SciREX — экономического симулятора (SPIAS-e). Результаты моделирования показывают значительное увеличение производства и экспорта Японии для химического и фармацевтического, электронного и транспортного оборудования. Рост ВВП был повышен на 0,6% при существенном улучшении благосостояния на 78 000 млн долл. США, в то время как для других стран, таких как Малайзия и Тайвань, — на 0,4–0,6%. Напротив, экономические показатели Китая показывают негативное влияние, подразумевающее структурные изменения в составе производственной сети. Примечательно, что в азиатском регионе наблюдается более высокая экономическая интеграция Океании благодаря ее динамичному производству и торговле. В исследовании содержится всеобъемлющий

глобальный анализ производственных сетей и анализ для оценки побочных эффектов инвестиций в НИОКР.

Ученые А. Садола, М. Насир и З.В. Гим [10] основной целью оптимизации поставили улучшение общей устойчивости, включая экологическую, социальную, экономическую устойчивость и устойчивость энергетических ресурсов, посредством реализации соответствующих целевых функций. Вклад ученых представляет собой значительный обзор используемых методологий оптимизации устойчивости и устойчивого развития, включая устойчивые энергетику, строительство и окружающую среду. Поскольку оптимизация энергетики является одной из основных задач устойчивого развития, оно изучается с энергетической точки зрения. Кроме того, были представлены концепция, определения и элементы устойчивости и оптимизации, а также проведен обзор метаэвристических алгоритмов оптимизации, использованных в недавно опубликованных статьях, касающихся устойчивости и устойчивого развития.

Автор В. Хик³ целью исследования поставил определение оптимальной структуры затрат для инноваций и ее влияния на выручку от продаж. При этом внимание сосредоточено на использовании элементов экономико-математического моделирования. Научная новизна работы заключается в разработке модели, которая обосновывает взаимосвязь между изученными показателями затрат на инновации, позволит прогнозировать размер дохода от продаж и обеспечит достижение его оптимального значения. Установлено, что предлагаемая множественная линейная регрессия достаточно четко описывает исходные данные и может использоваться для прогнозирования. Практическая значимость полученных результатов заключается в прикладной направленности подходов, использование которых улучшает управление затратами на инновации и повышает уровень достоверности экономической информации промышленных предприятий Украины и в результате улучшит экологическую обстановку. В рамках этого исследования проведена оценка воздействия экономики инноваций на окружающую среду, в результате чего будет сохранен потенциал природных ресурсов в целях достижения устойчивого экономического развития.

В настоящем исследовании мы будем применять метаэвристические алгоритмы для оптимизации затрат на НИР в регионах федерального округа. Это позволит в дальнейшем спланировать перекрестное

³ *Hyk V. Optimization of Costs for Innovations of Industrial Enterprises Western Ukraine in Ensuring Sustainable Environmental Development. In: Proceedings of the International Conference on Innovation, Modern Applied Science & Environmental Studies (ICIES2020). E3S Web Conference, 2021, vol. 234, 5 p. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123400049>*

финансирование НИР в рамках одного округа. Среди метаэвристических алгоритмов будем использовать три из них, обладающих существенными преимуществами. Опишем их более детально.

1. Генетический (эволюционный) алгоритм (*Genetic Algorithm, GA*).

Использование эволюционных алгоритмов является высокоэффективным способом поиска множества эффективных решений в одном прогоне моделирования (Д. Калианмой [11]).

2. Имитационный отжиг (*Simulated Annealing, SA*).

Метод отжига позволяет избежать «ловушки» в локальных экстремумах оптимизируемой функции и продолжить поиск глобального экстремума (А.С. Лопатин [12]). 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 [13]).

3. Поиск по шаблону (*Pattern Search, PS*).

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 [14, 15], Т.Г. Колда, Р.М. Льюис, В. Торкзон⁴).

Используя данные метаэвристические алгоритмы, построим модель оптимизации и планирования перекрестного финансирования затрат на НИР в федеральном округе (рис. 1). Она включает в себя пять этапов, которые опишем подробнее.

Этап 1 — Сбор и подготовка статистических данных о динамике инвестиций, ВРП и задолженности юридических лиц регионов. На данном этапе собираются и корректируются на инфляцию данные о динамике инвестиций в основной капитал (x_1), валовом региональном продукте (ВРП) (x_2) и задолженности юридических лиц по кредитам (x_3) регионов федерального округа за большой срок, охватывающий 10 лет. Чтобы собрать эти данные, используем сайт Федеральной службы государственной статистики. Таким образом, параметр x_1 характеризует инвестиционное

⁴Kolda 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 Report SAND2006-5315. Oak Ridge, Sandia National Laboratories, 2006, 44 p.
URL: <https://www.mathsci.ai/publication/SAND2006-5315.pdf>

планирование, x_2 — производственное планирование, а x_3 — финансовое планирование округа.

Этап 2 — Сбор и подготовка статистических данных о динамике затрат на НИР регионов по видам работ. Здесь собирается и корректируется на инфляцию статистическая информация о внутренних текущих затратах на НИР всего (y), а также по видам работ, которые подразделяются на фундаментальные исследования (y_1), прикладные исследования (y_2) и разработки (y_3). Эти данные собираются за тот же срок, что и на предыдущем этапе.

Этап 3 — Построение нелинейных регрессий для целевых функций затрат на НИР по видам работ. Нелинейные регрессии затрат на НИР вида $y = f(x_1, x_2, x_3)$, более реально отражающие экономические процессы по сравнению с линейными, будут множественными. Чтобы их получить, используем программу Statistica.

Этап 4 — Оптимизация регрессий на заданных интервалах GA, SA и PS. Глобальную оптимизацию целевых функций регрессий будем проводить в программе Matlab, используя для этого три метаэвристических алгоритма: генетический алгоритм (GA), имитационный отжиг (SA) и поиск по шаблону (PS). Для уточнения результатов методов GA и SA результаты оптимизации целевых функций будем дополнять гибридными функциями поиска по шаблону и метода внутренней точки (М.С. Бабынин, В.Г. Жадан [16]). То есть сначала применяются алгоритмы GA или SA, а затем их результаты используются в качестве начальной точки для последующей оптимизации целевой функции. Это позволит получить более качественные решения в каждом конкретном случае оптимизации соответствующих затрат на НИР.

При этом в каждом конкретном случае будем искать глобальный максимум затрат на НИР в федеральном округе, то есть вычисляем, сколько максимально средств можно выделить на НИР и от каких значений параметров x_1 , x_2 , x_3 этот максимум зависит. Затем полученные регрессии для каждого вида НИР оптимизируем на сегментах параметров x_1 , x_2 , x_3 , характерных для каждого исследуемого региона федерального округа.

Этап 5 — Вычисление резерва или недостатка соответствующих затрат на НИР в каждом регионе. На данном этапе сравниваем полученный оптимум затрат на НИР для каждого региона округа с его фактическим максимальным значением за исследуемый период и вычисляем резерв или недостаток соответствующих затрат на НИР в каждом регионе как разницу

между фактическим и оптимальным значением. Это позволит более детально, то есть по регионам, спланировать возможности перекрестного финансирования НИР в рамках одного округа.

Покажем, как работает данная модель на примере Приволжского федерального округа (ПФО). При этом будем рассматривать в ПФО только те регионы (области или республики), в которых расположены пилотные инновационные территориальные кластеры из перечня, утвержденного Правительством РФ. Именно в таких промышленных регионах проводятся основные НИР федерального округа.

Этап 1 — Сбор и подготовка статистических данных о динамике инвестиций, ВРП и задолженности юридических лиц регионов. На данном этапе необходимые исходные данные собираются с сайта Федеральной службы государственной статистики и корректируются на инфляцию. Они представлены в ценах 2020 г. 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, ВРП и задолженности юридических лиц по кредитам берем за те же годы.

Недостающие данные об инвестициях в основной капитал и ВРП прогнозируем самостоятельно в ценах 2020 г., используя для этого период с 2009 по 2018 г. и интернет-сервис WolframAlpha⁵. Результаты прогноза показаны в табл. 1 курсивом.

Этап 2 — Сбор и подготовка статистических данных о динамике затрат на НИР регионов по видам работ. На этом этапе собираем и корректируем на инфляцию статистическую информацию о внутренних текущих затратах на НИР всего, а также по видам работ: фундаментальные исследования, прикладные исследования и разработки. Эти данные собираются за тот же срок, что и на предыдущем этапе. Они представлены в ценах 2020 г. в колонках y , y_1 , y_2 и y_3 табл. 1.

Этап 3 — Построение нелинейных регрессий для целевых функций затрат на НИР по видам работ. По данным табл. 1 в программе Statistica получены следующие наиболее точные нелинейные регрессии:

– регрессия для всех затрат на НИР (рис. 2):

$$y = 82\,426,01 + 0,06x_2 - 8\,303,97 \ln x_3, R^2 = 0,948, \text{ уточненный } R^2 = 0,938;$$

⁵ WolframAlpha. URL: www.wolframalpha.com

– регрессия для фундаментальных исследований (рис. 3):

$$y_1 = 1\,782 - \frac{57\,170\,107}{x_1} - \frac{73\,870\,171}{x_3}, R^2 = 0,484, \text{ уточненный } R^2 = 0,444;$$

– регрессия для прикладных исследований (рис. 4):

$$y_2 = -58\,921,7 + 3\,523,1 \ln x_1 + 1\,925,2 \ln x_3, R^2 = 0,244, \text{ уточненный } R^2 = 0,185;$$

– регрессия для разработок:

$$y_3 = -315\,317,4 - 0,02542966 x_2 - 0,6432493 x_3 - \frac{950\,912\,100}{x_1} + 981,9057 \sqrt{x_3} + \frac{9\,314\,139\,000}{x_3}, R^2 = 0,447, \text{ уточненный } R^2 = 0,392.$$

Этап 4 — Оптимизация регрессий на заданных интервалах GA, SA и PS. Глобальная оптимизация целевых функций регрессий проводилась в программе Matlab. Для этого применялись генетический алгоритм (GA), имитационный отжиг (SA) и поиск по шаблону (PS). Для уточнения результатов методов GA и SA результаты оптимизации дополнялись гибридными функциями поиска по шаблону 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. 1*, отмеченных в ней жирным шрифтом.

Так, например, для всех затрат на НИР в ПФО результаты оптимизации представлены в *табл. 2*. Как видно из нее, наиболее достоверный результат позволяет получить поиск по шаблону (PS). Добавление данного алгоритма или метода внутренней точки (fmincon) в качестве гибридной функции для генетического алгоритма (GA) или имитационного отжига (SA) также позволяет достигнуть достаточно качественного решения проблемы оптимизации.

Кроме того, в *табл. 2* видно, что максимальное фактическое значение всех затрат на НИР существенно ниже максимально возможных всех затрат на НИР при соответствующих значениях ВРП и задолженности юридических лиц по кредитам. Это говорит о том, что имеются реальные возможности профинансировать НИР в большем объеме. Однако данный вопрос требует более детального решения. Для этого проведем такую же глобальную оптимизацию всех видов затрат на НИР для каждого региона ПФО в

отдельности, применяя для этого те же самые метаэвристические алгоритмы. При этом прежние целевые функции регрессий исследуем для каждого региона на его сегментах фактических значений параметров x_1 , x_2 , x_3 за исследуемый период согласно данным *табл. 1*. Результаты глобальной оптимизации показаны в *табл. 3–6*.

Этап 5 — Вычисление резерва или недостатка соответствующих затрат на НИР в каждом регионе. На данном этапе в последних колонках *табл. 3–6* вычисляем резерв или недостаток соответствующих затрат на НИР в каждом регионе как разницу между фактическим и оптимальным значением. Это позволяет спланировать возможности перекрестного финансирования НИР в рамках одного округа, а именно: как видно, например, в *табл. 3*, в Нижегородской и Ульяновской областях фактические максимальные все затраты на НИР превышают оптимальные затраты. Это подводит к предварительному выводу о том, что в условиях экономии федеральных бюджетных средств ПФО может частично сам профинансировать все затраты на НИР в тех регионах, которые в этом нуждаются. К таким регионам согласно данным последней колонки *табл. 3* о недостатке всех затрат на НИР мы можем отнести республику Мордовия, Самарскую область, Пермский край, Удмуртскую Республику, а также республики Татарстан и Башкортостан. Причем, согласно данным *табл. 3* получается, что наиболее нуждающимся регионом является Республика Татарстан.

Чтобы более обоснованно ответить на данный вопрос, необходимо проанализировать эту ситуацию подробнее — в разрезе различных затрат на НИР по видам работ. В этом могут существенно помочь результаты, отраженные в *табл. 4–6*. Так, к примеру, согласно данным *табл. 4* Республика Татарстан, напротив, имеет некоторый резерв по затратам на фундаментальные исследования, который можно перенаправить в другие регионы ПФО. Кроме того, для Татарстана недостаток затрат на прикладные исследования (*табл. 5*) и разработки (*табл. 6*) в сумме существенно ниже, чем недостаток всех затрат на НИР, отраженный в *табл. 3*.

Напротив, как видно из *табл. 4–6*, наиболее нуждающимися в финансировании различных видов затрат на НИР оказываются Самарская область, Республика Башкортостан и Пермский край. Но при этом основным донором резерва затрат на различные виды НИР остается Нижегородская область, если опять же мы рассматриваем внутреннее перекрестное самофинансирование затрат на НИР в пределах ПФО. Это

позволило бы существенно сэкономить федеральные бюджетные средства, выделяемые на научное и, как следствие, инновационное развитие регионов страны.

В заключение обозначим наиболее важные выводы, полученные в результате исследования.

1. В настоящее время еще не до конца решенными остаются вопросы оптимального объема финансирования затрат на НИР в пределах страны и ее регионов, имеющих соответствующий научный потенциал. Решать подобного рода задачи представляется невозможным в отрыве от конкретных технологических и экономических результатов НИР регионов. Планирование данных результатов, а также необходимых для их достижения ресурсов является актуальной задачей оптимизации затрат на НИР. В связи с этим мы выделяем три вида планирования: инвестиционное, производственное и финансовое. При этом все три процесса мы рассматриваем одновременно. Это позволит охватить широкий круг задач оптимизации затрат на НИР в регионах и способствовать их инновационному развитию.
2. В настоящем исследовании применялись метаэвристические алгоритмы для оптимизации затрат на НИР в регионах федерального округа. Это позволяет планировать перекрестное финансирование НИР в рамках одного округа. Среди метаэвристических алгоритмов использовались генетический алгоритм, имитационный отжиг и поиск по шаблону. При этом наиболее достоверный результат позволяет получить поиск по шаблону. Добавление данного алгоритма или метода внутренней точки в качестве гибридной функции для генетического алгоритма или имитационного отжига также позволяет достигнуть достаточно качественного решения проблемы оптимизации.
3. Результаты глобальной оптимизации позволяют сделать вывод о том, что в условиях экономии федеральных бюджетных средств федеральный округ может частично сам профинансировать все затраты на НИР в тех регионах, которые в этом нуждаются. Чтобы более обоснованно определить такие регионы, необходимо проанализировать эту ситуацию подробнее — в разрезе различных затрат на НИР по видам работ.
4. Для ПФО получено, что наиболее нуждающимися в финансировании различных видов затрат на НИР оказываются Самарская область, Республика Башкортостан и Пермский край. Но при этом основным донором резерва затрат на различные виды НИР является Нижегородская

область. В этом заключается суть внутреннего перекрестного самофинансирования затрат на НИР в пределах ПФО. Это позволило бы существенно сэкономить федеральные бюджетные средства, выделяемые на научное и, как следствие, инновационное развитие регионов страны.

Представленный подход может способствовать принятию более качественных решений государственными структурами и их экспертами в отношении планирования инновационного развития промышленных регионов страны.

Таблица 1

Исходные данные о Приволжском федеральном округе в ценах 2020 г., млн руб.

Table 1

Initial data on the Volga (Privolzhsky) Federal District measured in 2020 rubles, million RUB

Год	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Задолженность юридических лиц по кредитам	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
1. Нижегородская область							
2010	354 041	1 203 299	335 116	49 755,1	2 257,5	7 763,1	39 734,3
2015	286 275	1 345 281	438 699	69 259,4	2 328,5	6 359,8	60 571,1
2016	268 126	1 341 478	392 014	76 640,5	2 197,6	7 618,6	66 824,4
2017	276 481	1 422 534	356 981	72 458,5	2 283,8	7 463,4	62 711,2
2018	280 429	1 478 448	361 167	71 571	2 399,5	9 863,7	59 307,8
2019	309 749	1 462 590	385 278	80 671,8	4 970,6	9 972,7	65 728,4
2020	383 102	1 474 561	361 554	68 750,3	5 220,1	8 560,3	54 969,9
2. Республика Мордовия							
2010	75 165	194 177	80 800	884	156,1	267,3	460,6
2015	64 242	219 641	114 539	996,8	147,6	293,9	555,3
2016	60 822	233 116	97 935	896,2	141,2	173,2	581,9
2017	65 984	242 754	112 000	885,7	126,5	212,9	546,4
2018	56 551	245 720	98 970	1 049,4	168,1	470	411,4
2019	54 751	240 875	102 512	1 009,9	125,3	438	446,6
2020	48 969	238 909	88 007	1 081,5	107,1	433,5	540,9
3. Ульяновская область							
2010	88 464	328 536	75 419	9 242,4	175,8	1 451,9	7 614,6
2015	96 771	370 808	96 010	9 672	228	5 190	4 254,2
2016	81 562	375 920	99 058	9 114,9	262,8	4 511,5	4 340,6
2017	94 796	375 951	71 717	12 565,8	230,2	2 038,7	10 296,8
2018	89 649	376 064	84 054	12 206,9	302,8	1 267,4	10 636,7
2019	75 555	339 226	78 955	9 659,3	218,5	1 791,1	7 649,6
2020	61 181	312 577	85 313	10 288,1	265,6	2 607,6	7 414,9
4. Самарская область							
2010	284 644	1 282 274	390 241	22 679,8	665,6	1 249,4	20 764,6
2015	368 865	1 540 461	423 126	19 921,2	681,9	1 616,6	17 622,8
2016	296 748	1 468 075	449 779	13 454,2	641,7	1 220,8	11 591,5
2017	292 574	1 520 781	453 792	15 631,9	844,7	1 282,3	13 504,9

2018	286 479	1 633 018	398 565	14 861,2	649	1 197,6	13 014,5
2019	301 737	1 632 825	319 233	19 929,2	614,4	1 020,9	18 294
2020	202 462	1 648 019	298 558	15 492,5	761	713	14 018,6
5. Пермский край							
2010	257 417	1 148 574	276 981	12 308,4	2 383,9	1 325,1	8 599,4
2015	275 493	1 295 517	312 592	14 528,9	982,9	1 873,9	11 671,9
2016	276 655	1 266 576	221 842	14 107	1 027,2	1 568,8	11 511
2017	276 337	1 343 064	215 175	15 007,6	843,4	1 745,3	12 418,8
2018	263 369	1 425 398	243 162	13 788,9	1 032,6	1 428,7	11 327,6
2019	305 392	1 456 557	274 316	15 591	1 090,2	1 716,1	12 784,6
2020	290 460	1 467 320	306 550	15 636,3	1 148,2	1 797,1	12 691
6. Удмуртская Республика							
2010	94 280	506 122	121 689	821,4	451,2	85,2	285
2015	99 676	630 842	114 739	1 297,2	380,9	163,9	752,4
2016	100 692	614 648	119 263	1 263	337,2	155,7	770,1
2017	94 358	622 590	89 959	1 986	237,5	458,6	1 289,9
2018	104 844	682 300	89 920	2 481,4	657,3	233,1	1 591,1
2019	105 451	668 360	110 349	2 332,8	731,4	126,8	1 474,5
2020	107 187	675 545	85 536	1 846,9	811,5	123,1	912,2
7. Республика Татарстан							
2010	606 333	1 846 263	540 376	11 366,2	1 526,8	1 864,5	7 974,9
2015	751 565	2 274 027	660 546	13 926,5	2 495,5	1 772,2	9 658,8
2016	735 575	2 234 011	710 836	13 841,8	2 196,6	1 856,1	9 789,2
2017	718 755	2 412 123	699 269	17 574,2	2 626,4	2 249,4	12 698,4
2018	680 801	2 669 465	594 273	18 420,6	2 422,4	2 444,6	13 553,6
2019	672 302	2 522 721	496 504	16 617,8	2 611,1	2 232	11 774,7
2020	655 319	2 549 636	414 215	16 878,6	2 896,6	2 557,3	11 424,7
8. Республика Башкортостан							
2010	283 173	1 772 189	213 167	7 236,3	1 806	1 958,3	3 472
2015	386 986	1 603 409	371 940	9 869,2	1 420,5	996	7 452,7
2016	410 388	1 546 257	334 792	9 960,4	1 193,1	2 229,1	6 538,3
2017	314 046	1 589 666	328 141	9 739,9	1 161,9	2 568,5	6 009,5
2018	289 657	1 809 428	327 419	11 196,7	1 408,7	2 582,6	7 205,5
2019	337 919	1 746 876	328 865	10 490,5	1 361	2 644,6	6 484,9
2020	326 850	1 754 979	323 670	10 527,2	1 417,7	2 483,4	6 626,1

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2

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

Table 2

Global regression optimization results for all the R&D costs for the Volga (Privolzhsky) Federal District, million RUB

Алгоритм	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Задолженность юридических лиц по кредитам	Всего затраты на НИР	Максимальное фактическое значение
	x_1	x_2	x_3	y	y
GA	—	2 655 302	84 056	147 583,4	80 671,8
GA + fmincon	—	2 669 465	71 717	149 751,5	
GA + PS	—	2 669 465	71 717	149 751,5	
SA	—	1 474 311	381 367	64 166,1	
SA + fmincon	—	2 669 465	71 717	149 751,5	
SA + PS	—	2 669 465	71 717	149 751,5	
PS	—	2 669 465	71 717	149 751,5	

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3

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

Table 3

Global regression optimization results for all the R&D costs by Volga (Privolzhsky) Federal District region, million RUB

Регион	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Задолженность юридических лиц по кредитам	Всего затраты на НИР	Максимальное фактическое значение	Резерв (+) или недостаток (-) затрат
	x_1	x_2	x_3	y	y	Δy
1. Нижегородский	—	1 478 448	335 116	65 487,9	80 671,8	15 183,9
2. Мордовия	—	245 720	80 800	3 336,6	1 049,4	-2 287,2
3. Ульяновский	—	376 064	71 717	12 147,5	12 565,8	418,3
4. Самарский	—	1 648 019	298 558	76 621,3	22 679,8	-53 941,5
5. Пермский	—	1 467 320	215 175	68 499	15 636,3	-52 862,7
6. Удмуртский	—	682 300	85 536	29 058,4	2 481,4	-26 577
7. Татарстан	—	2 669 465	414 215	135 189,2	18 420,6	-116 768,6
8. Башкортостан	—	1 809 428	213 167	89 103,4	11 196,7	-77 906,7

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 4

Результаты глобальной оптимизации регрессии для фундаментальных исследований по регионам ПФО, млн руб.

Table 4

Global regression optimization results for basic research by Volga (Privolzhsky) Federal District region, million RUB

Регион	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Задолженность юридических лиц по кредитам	Фундаментальные исследования	Максимальное фактическое значение	Резерв (+) или недостаток (-) затрат
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_1	Δy_1
1. Нижегородский	383 102	—	438 699	1 464,4	5 220,1	3 755,7
2. Мордовия	75 165	—	114 539	376,5	168,1	-208,4
3. Ульяновский	96 771	—	99 058	445,5	302,8	-142,7
4. Самарский	368 865	—	453 792	1 464,2	844,7	-619,5
5. Пермский	305 392	—	312 592	1 358,5	2 383,9	1 025,4
6. Удмуртский	107 187	—	121 689	641,6	811,5	169,9
7. Татарстан	751 565	—	710 836	1 602	2 896,6	1 294,6
8. Башкортостан	410 388	—	371 940	1 444,1	1 806	361,9

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 5

Результаты глобальной оптимизации регрессии для прикладных исследований по регионам ПФО, млн руб.

Table 5

Global regression optimization results for applied studies by Volga (Privolzhsky) Federal District region, million RUB

Регион	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Задолженность юридических лиц по кредитам	Прикладные исследования	Максимальное фактическое значение	Резерв (+) или недостаток (-) затрат
	x_1	x_2	x_3	y_2	y_2	Δy_2
1. Нижегородский	383 102	—	438 699	11 382,8	9 972,7	-1 410,1
2. Мордовия	75 165	—	114 539	3 059,7	470	-2 589,7
3. Ульяновский	96 771	—	99 058	3 670,3	5 190	1 519,7
4. Самарский	368 865	—	453 792	11 314,5	1 616,6	-9 697,9
5. Пермский	305 392	—	312 592	9 931,7	1 873,9	-8 057,8
6. Удмуртский	107 187	—	121 689	4 426,6	458,6	-3 968
7. Татарстан	751 565	—	710 836	14 686,1	2 557,3	-12 128,8
8. Башкортостан	410 388	—	371 940	11 307,4	2 644,6	-8 662,8

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 6

Результаты глобальной оптимизации регрессии для разработок по регионам ПФО, млн руб.

Table 6

Global regression optimization results for development by Volga (Privolzhsky) Federal District region, million RUB

Регион	Инвестиции в основной капитал	Валовой региональный продукт	Задолженность юр-лиц по кредитам	Разработки	Максимальное фактическое значение	Резерв (+) или недостаток (-) затрат
	x_1	x_2	x_3	y_3	y_3	Δy_3
1. Нижегородский	383 102	1 203 299	438 699	40 998,4	66 824,4	25 826
2. Мордовия	75 165	194 177	80 800	9 503,2	581,9	-8 921,3
3. Ульяновский	96 771	312 577	71 717	13 603,7	10 636,7	-2 967
4. Самарский	368 865	1 282 274	453 792	39 572,4	18 294	-21 278,4
5. Пермский	305 392	1 148 574	312 592	30 065,7	12 784,6	-17 281,1
6. Удмуртский	107 187	506 122	121 689	3 732,2	1 591,1	-2 141,1
7. Татарстан	751 565	1 846 263	526 041	27 961,4	13 553,6	-14 407,8
8. Башкортостан	410 388	1 546 257	371 940	27 670,3	7 452,7	-20 217,6

Источник: авторская разработка

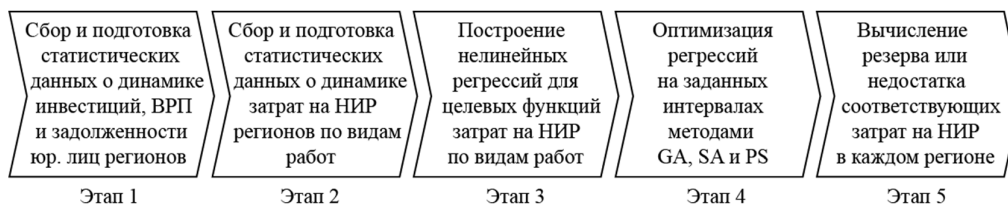
Source: Authoring

Рисунок 1

Модель оптимизации и планирования перекрестного финансирования затрат на НИР в федеральном округе

Figure 1

A model of optimization and planning of R&D costs cross-financing in the Federal District

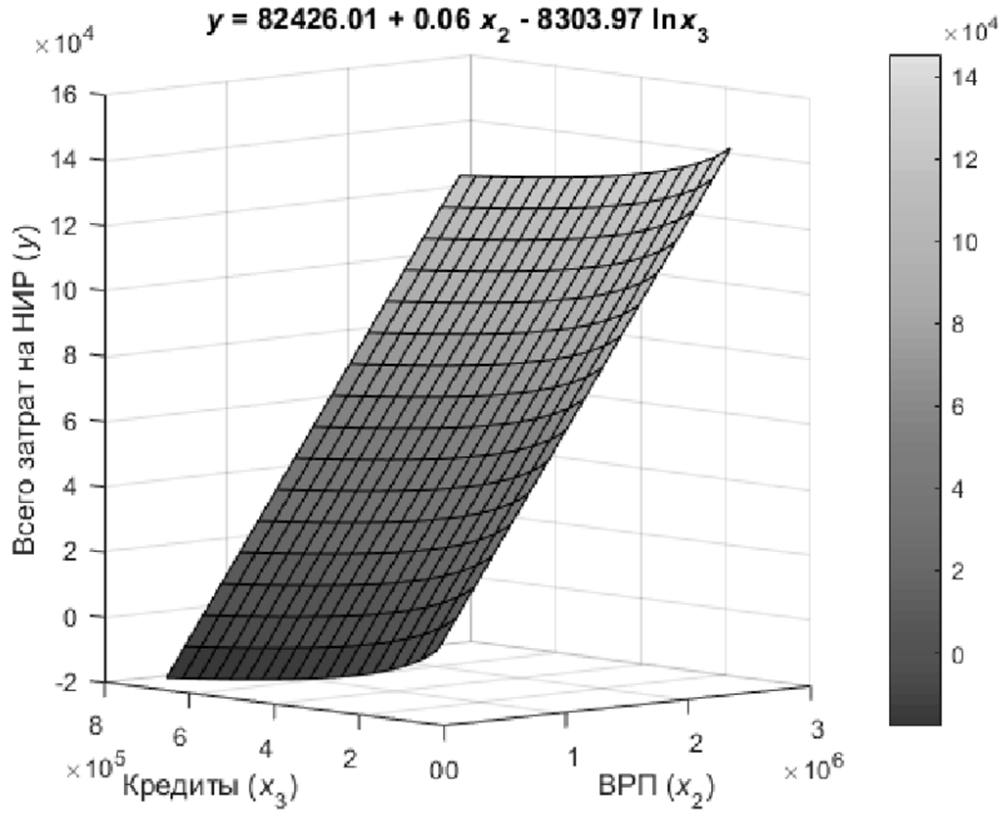


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2
График регрессии для всех затрат на НИР

Figure 2
A regression graph for all the R&D costs



Источник: авторская разработка

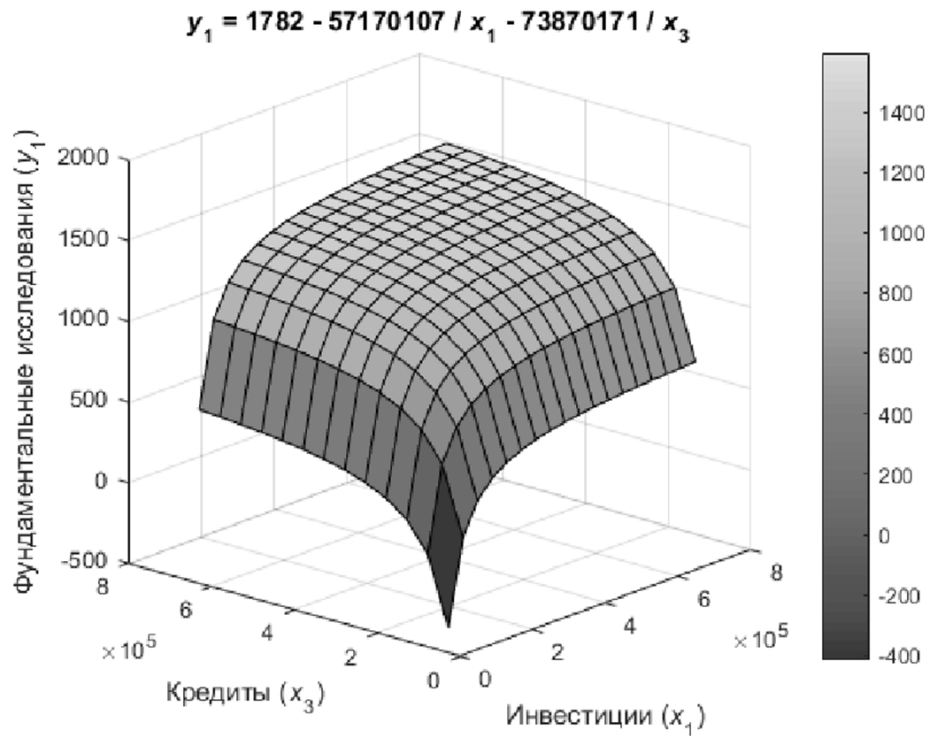
Source: Authoring

Рисунок 3

График регрессии для фундаментальных исследований

Figure 3

A regression graph for basic research

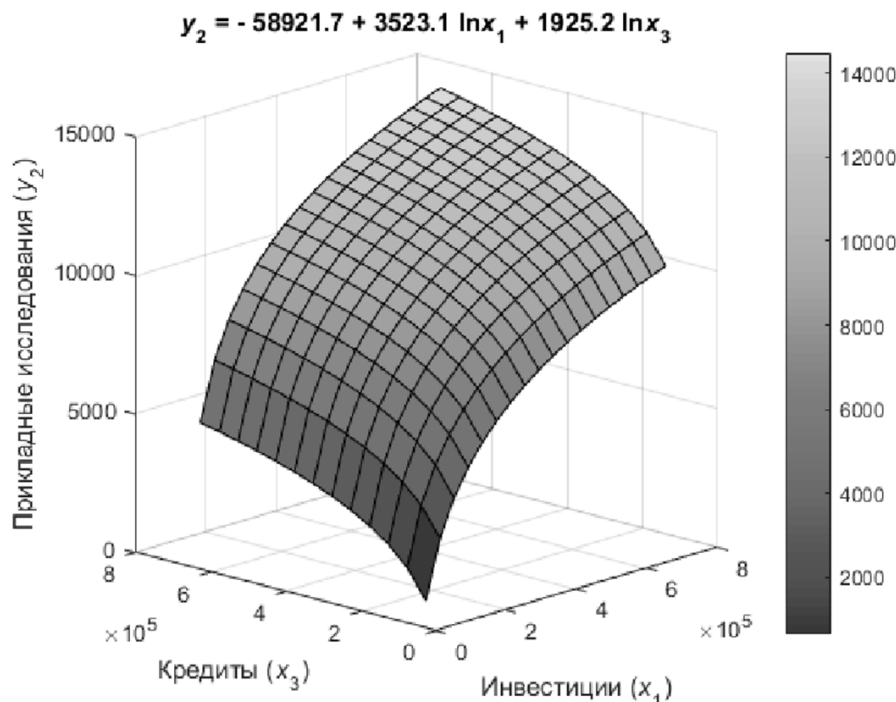


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 4
График регрессии для прикладных исследований

Figure 4
A regression graph for applied studies



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Kruschwitz L., Lorenz D.* Investitionsrechnung. De Gruyter Oldenbourg, 2019, 427 s. URL: <https://doi.org/10.1515/9783110598025>
2. *Dehmer S.P., Pardey P.G., Beddow J.M., Chai Y.* Reshuffling the Global R&D Deck, 1980–2050. *PLoS ONE*, 2019, vol. 14, iss. 3. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213801>
3. *Kiselakova D., Sofrankova B., Cabinova V. et al.* The Impact of R&D Expenditure on the Development of Global Competitiveness within the CEE EU Countries. *Journal of Competitiveness*, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 34–50. URL: <https://doi.org/10.7441/joc.2018.03.03>
4. *Феоктистова 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>

5. 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>
6. Yashin S., Koshelev E., Yashina N. et al. Foresight of Volga Federal District Innovation System Development using a Multi-Objective Genetic Algorithm. *International Journal of Technology*, 2020, vol. 11, iss. 6, pp. 1171–1180. URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i6.4432>
7. Salimi N., Rezaei J. Evaluating Firms' R&D Performance Using Best Worst Method. *Evaluation and Program Planning*, 2018, vol. 66, pp. 147–155. URL: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2017.10.002>
8. Bin A., Azevedo A., Duarte L. et al. R&D and Innovation Project Selection: Can Optimization Methods be Adequate? *Procedia Computer Science*, 2015, vol. 55, pp. 613–621. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.051>
9. Huang M.C., Liou M.-H., Iwaki Y. The Impact of R&D and Innovation on Global Supply Chain Transition: GTAP Analysis on Japan's Public R&D Investment. *Journal of Social and Economic Development*, 2021, vol. 23, pp. 447–467. URL: <https://doi.org/10.1007/s40847-020-00113-1>
10. Sadollah A., Nasir M., Geem Z.W. Sustainability and Optimization: From Conceptual Fundamentals to Applications. *Sustainability*, 2020, vol. 12, iss. 5, pp. 2–34. URL: <https://doi.org/10.3390/su12052027>
11. Kalyanmoy D. Multiobjective Optimization Using Evolutionary Algorithms. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2001, 518 p.
12. Лопатин А.С. Метод отжига // Стохастическая оптимизация в информатике. 2005. Т. 1. С. 133—149. URL: <https://www.math.spbu.ru/user/gran/sb1/lopatin.pdf>
13. 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)

14. 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, iss. 2, pp. 545–572. URL: <https://doi.org/10.1137/0728030>
15. 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, pp. 261–288. URL: <https://doi.org/10.1090/S0025-5718-97-00777-1>
16. 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. URL: http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=zvmmf&paperid=95&option_lang=rus

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.

MODELING OF R&D EXPENDITURE CROSS-FINANCING IN THE FEDERAL DISTRICT

Sergei N. YASHIN ^{a,*},
Egor V. KOSHELEV ^b,
Sergei A. BORISOV ^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
ser211188@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6829-0230>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 613/2021
Received 4 Nov 2021
Received in revised
form 29 Nov 2021
Accepted 13 Dec 2021
Available online
28 February 2022

JEL classification:

C63, E17, O21, O36

Keywords: innovative
development
of regions, investment
planning, production
planning, financial
planning, research and
development costs

Abstract

Subject. This article deals with modeling of R&D costs optimal cross-financing within the regions of Russia that have the appropriate scientific potential.

Objectives. The article aims to develop a model for optimizing and planning R&D costs cross-financing in the Federal District, which takes into account the specific technological and economic results of research in the District regions.

Methods. Various R&D costs by type of work are made dependent on three areas of planning of the District regions' innovative development, namely, investment, production, and financial. All the three processes are considered simultaneously. Nonlinear regressions of R&D costs by type of work get optimized through a genetic algorithm, simulated annealing, and pattern search, which helps calculate the reserve or lack of corresponding R&D costs in each region of the Federal District.

Results. The article presents an author-developed model with certain positive characteristics to optimize and plan R&D costs cross-financing in the Federal District.

Conclusions and Relevance. The results of global optimization allow us to conclude that in the conditions of saving federal budget funds, the Federal District can partially finance all the R&D costs in those regions that need it. In order to identify such regions in a more substantiated way, it is necessary to analyze this situation in detail, that is, in the context of various research costs by type of work. The presented approach can facilitate the adoption of better decisions by government entities and their experts in relation to the planning of innovative development of industrial regions of the country.

Please cite this article as: Yashin S.N., Koshelev E.V., Borisov S.A. Modeling of R&D Expenditure Cross-Financing in the Federal District. *Finance and Credit*, 2022, vol. 28, iss. 2, pp. 295–321.

<https://doi.org/10.24891/fc.28.2.295>

Acknowledgments

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

References

1. Kruschwitz L., Lorenz D. Investitionsrechnung. De Gruyter Oldenbourg, 2019, 427 s. URL: <https://doi.org/10.1515/9783110598025>
2. Dehmer S.P., Pardey P.G., Beddow J.M., Chai Y. Reshuffling the Global R&D Deck, 1980–2050. *PLoS ONE*, 2019, vol. 14, iss. 3. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213801>
3. Kiselakova D., Sofrankova B., Cabinova V. et al. The Impact of R&D Expenditure on the Development of Global Competitiveness within the CEE EU Countries. *Journal of Competitiveness*, 2018, vol. 10, no. 3, pp. 34–50. URL: <https://doi.org/10.7441/joc.2018.03.03>
4. 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.)
5. 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 = Journal of Proceedings of Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs 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.)
6. Yashin S., Koshelev E., Yashina N. et al. Foresight of Volga Federal District Innovation System Development using a Multi-Objective Genetic Algorithm. *International Journal of Technology*, 2020, vol. 11, iss. 6, pp. 1171–1180. URL: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i6.4432>

7. Salimi N., Rezaei J. Evaluating Firms' R&D Performance Using Best Worst Method. *Evaluation and Program Planning*, 2018, vol. 66, pp. 147–155. URL: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2017.10.002>
8. Bin A., Azevedo A., Duarte L. et al. R&D and Innovation Project Selection: Can Optimization Methods be Adequate? *Procedia Computer Science*, 2015, vol. 55, pp. 613–621. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.051>
9. Huang M.C., Liou M.-H., Iwaki Y. The Impact of R&D and Innovation on Global Supply Chain Transition: GTAP Analysis on Japan's Public R&D Investment. *Journal of Social and Economic Development*, 2021, vol. 23, pp. 447–467. URL: <https://doi.org/10.1007/s40847-020-00113-1>
10. Sadollah A., Nasir M., Geem Z.W. Sustainability and Optimization: From Conceptual Fundamentals to Applications. *Sustainability*, 2020, vol. 12, iss. 5, pp. 2–34. URL: <https://doi.org/10.3390/su12052027>
11. Kalyanmoy D. Multiobjective Optimization Using Evolutionary Algorithms. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2001, 518 p.
12. Lopatin A.S. [Simulated annealing]. *Stokhasticheskaya optimizatsiya v informatike*, 2005, vol. 1, pp. 133–149. URL: <https://www.math.spbu.ru/user/gran/sb1/lopatin.pdf> (In Russ.)
13. 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)
14. 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, iss. 2, pp. 545–572. URL: <https://doi.org/10.1137/0728030>
15. 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, pp. 261–288. URL: <https://doi.org/10.1090/S0025-5718-97-00777-1>
16. 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. 1746–1767.

URL: http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=zvmmf&paperid=95&option_lang=rus (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.