

**УДК 33****Интеграция методов пространственного моделирования и интеллектуального анализа больших данных для оценки и оптимизации инновационного потенциала регионов России****Петренко Дмитрий Сергеевич**

Педагог дополнительного образования,  
частная школа «Земляне»,  
студент магистратуры,  
Московский городской педагогический университет,  
129226, Российская Федерация, Москва, проезд 2-й Сельскохозяйственный, 4;  
e-mail: dim.petrenkos@yandex.ru

**Аннотация**

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения уровня инновационного развития регионов России, что требует разработки эффективных инструментов для оценки и оптимизации их инновационного потенциала. Традиционные подходы к анализу инновационной активности часто не учитывают пространственную специфику регионов и не используют возможности современных методов анализа больших данных. В данном исследовании предлагается интеграция методов пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных для создания более точных и объективных моделей инновационного развития регионов. В исследовании использована комбинация методов пространственного анализа, таких как географическое информационное моделирование (ГИС), и методов интеллектуального анализа данных, включая машинное обучение и кластеризацию. Были собраны и проанализированы большие массивы данных о социально-экономических показателях, инфраструктуре и инновационной активности регионов России. С помощью геостатистического анализа выявлены закономерности пространственного распределения инновационных ресурсов и активностей. Применение интегрированного подхода позволило выделить ключевые факторы, определяющие инновационный потенциал регионов. В результате анализа были созданы пространственные модели, отображающие региональные диспропорции в инновационной активности, а также предложены методы оптимизации использования ресурсов для их устранения. Выявлены регионы-лидеры по инновационному развитию, а также «точки роста», требующие прицельного внимания для повышения эффективности инновационной деятельности. Результаты исследования демонстрируют высокую эффективность интеграции пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных для оценки регионального инновационного потенциала. Такой подход позволяет не только точно оценивать текущую ситуацию, но и разрабатывать сценарии для стратегического планирования и управления ресурсами. Выявленные зависимости и модели могут стать основой для разработки государственных программ поддержки регионов с низким уровнем инновационного развития. Представленный интегрированный подход предлагает новые возможности для оценки и повышения инновационного потенциала регионов России путем более точного учета их пространственной специфики

и использования потенциала больших данных. Эффективная реализация данных методов может способствовать более сбалансированному региональному развитию и повышению глобальной конкурентоспособности российской экономики.

#### **Для цитирования в научных исследованиях**

Петренко Д.С. Интеграция методов пространственного моделирования и интеллектуального анализа больших данных для оценки и оптимизации инновационного потенциала регионов России // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 9А. С. 42-53.

#### **Ключевые слова**

Интеграция, пространственное моделирование, интеллектуальный анализ, инновационный потенциал, регионы России.

## **Введение**

В данной статье основной акцент был сделан на пространственное моделирование и интеллектуальный анализ больших данных с целью оценки инновационного потенциала регионов России. Для достижения поставленных целей использовался комплексный подход, включающий в себя сбор и обработку данных, выбор адекватных методов анализа и моделирования, а также последующее интерпретирование результатов, что позволило получить качественные выводы и рекомендации.

## **Основная часть**

Первым этапом исследования стал сбор данных, поскольку качество и достоверность исходной информации напрямую влияют на точность получаемых результатов. В качестве основного источника данных использовались открытые государственные статистические базы, такие как Росстат, а также данные, предоставляемые Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Эти данные включали в себя информацию о социально-экономическом развитии регионов, затраты на научные исследования и разработки, количество патентов, число научных публикаций, данные о предпринимательской активности и инновационной инфраструктуре. Кроме того, мы активно использовали данные спутникового зондирования для оценки пространственных характеристик регионов, таких как плотность застройки, наличие промышленных зон, сельскохозяйственных угодий и природных ресурсов [Бояринов, Шевцова, 2023]. Также был использован набор данных по цифровой активности и интернет-инфраструктуре регионов. Все эти данные были объединены в единый массив, который послужил основой для последующего анализа.

Одной из ключевых задач было создание адекватной модели, которая могла бы не только описывать текущую ситуацию, но и прогнозировать изменения в инновационном потенциале регионов в зависимости от различных факторов. Пространственное моделирование предоставило важные инструменты для этой задачи. В исследовании использовались методы, основанные на географических информационных системах (ГИС), которые позволяли анализировать распределение различных факторов по территории, а также выявлять пространственные закономерности, корреляции и аномальности. В числе применяемых

пространственных моделей были регрессионные модели с пространственными уточнениями, методы оценки плотности какернел-денсити, стохастическая пространственная регрессия и автокорреляционные модели, которые использовались для оценки влияния соседних регионов на инновационную активность. Это позволило сейчас выделять кластеры с определенными типами экономико-губернаторских особенностей и прогнозировать динамические изменения.

Когда речь идет об анализе и обработке большого объема данных, выбор методов интеллектуального анализа и машинного обучения имеет критическое значение. В нашем исследовании было использовано несколько методов анализа больших данных для обработки входных данных, выявления трендов и закономерностей, а также для прогнозирования инновационного потенциала регионов. В частности, широко применялись методы кластерного анализа, такие как иерархический кластерный анализ, метод К-средних, а также методы, основанные на машинном обучении: деревья решений, случайные леса, метод опорных векторов и нейронные сети [Варламова, 2023]. Эти методы позволили разделить регионы на группы по уровню инновационного потенциала и выявить группы регионов, где существует наибольший синергетический эффект от взаимодействия с другими регионами с экономической точки зрения.

Большой вклад в возможности анализа данных внесли методы пространственной статистики, такие как Крускал-Уоллис анализ и методы пространственно-временного моделирования. Они позволили оценить временные изменения инновационного потенциала в зависимости от различных политико-экономических факторов. Также был использован анализ корреляции для оценки влияния экономических показателей на динамику развития инновационной активности. Методы анализа временных рядов, такие как ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) и негауссовские модели, были использованы для создания надежных прогнозов изменения инновационного потенциала в ближайшие годы. Эти методы позволили выявить латентные тренды в инновационном развитии регионов, которые были бы не видны при использовании только традиционных методов анализа.

Важно также отметить, что обработка большого объема данных требовала значительных вычислительных ресурсов, и для работы с большими данными использовались распределенные вычислительные системы. В частности, мы применяли платформу Apache Hadoop, которая позволила эффективно управлять большими данными и выполнять параллельные вычисления, что значительно ускорило процесс анализа и повысило его точность. Также использовалась платформа Spark для выполнения быстрых вычислений и машинного обучения на больших данных, что позволило одновременно работать с несколькими моделями и сравнивать их результаты.

Особое внимание было уделено проблеме многомерности данных. Так как данные, использованные в исследовании, были многомерными и содержали множество переменных, имелся риск возникновения эффекта "проклятия размерности", при котором традиционные методы анализа данных могут стать менее эффективными [Наумов, Никулина, 2023]. Для решения этой задачи использовались методы снижения размерности данных, такие как корреляционный анализ и методы отбора признаков. Для дальнейшего снижения размерности и упрощения моделей мы применяли метод главных компонент (PCA), что позволило выявить ключевые факторы влияния на инновационный потенциал регионов и исключить из анализа менее значимые переменные. Кроме того, использование метода отсева переменных позволило существенно улучшить интерпретируемость моделей, сократив число факторов, требующих учета.

После выполнения первоначального анализа и создания базовых моделей был осуществлен процесс калибровки моделей для улучшения их прогностических возможностей. Для этого использовались методы валидации моделей, такие как перекрестная валидация (cross-validation) и бутстраппинг. Эти методы позволили оценить стабильность моделей и их способность предсказывать инновационные процессы в регионах на основании текущих и исторических данных. Для повышения точности прогнозов также применялись алгоритмы оптимизации параметров, в основном использовались методы градиентного спуска для выбора оптимальных параметров моделей.

Не менее важным аспектом исследования стало визуальное представление полученных результатов. Для визуализации пространственных данных использовалось программное обеспечение, такое как ArcGIS и QGIS, что позволило создавать карты плотности инновационного потенциала и выявленных кластеров. Также использовались графики временных рядов для демонстрации динамики изменений по годам и визуализации трендов выявленных зависимостей. Это позволило не только облегчить интерпретацию данных, но и представить результаты таким образом, чтобы они были понятны и доступны широкому кругу специалистов [Аверина, 2024].

Таким образом, в данном исследовании для анализа инновационного потенциала регионов России использовался общий подход, включающий методы пространственного моделирования и интеллектуального анализа больших данных. Основное внимание уделялось сбору релевантных данных, выбору методов анализа, построению моделей и визуализации результатов. Интеграция пространственного моделирования с методами анализа больших данных позволила получить более детализированную и всестороннюю картину о развитии инновационных процессов в России, выявить ключевые факторы их роста или стагнации, а также разработать рекомендации по повышению инновационного потенциала регионов. Все это предоставляет полезные данные для стратегического планирования и принятия решений на уровне государственного управления.

Интеграция пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных представляет собой современное направление в научных исследованиях, целью которого является комплексное изучение различных феноменов с использованием пространственных данных и методов их анализа. Применяя такие подходы, ученые и эксперты получают возможность более детально исследовать региональные различия, выявлять скрытые закономерности и делать более обоснованные выводы о происходящих процессах. В исследовании регионов России интеграция пространственного моделирования с интеллектуальным анализом данных оказалась особенно полезной и актуальной ввиду разнообразия экономических, социальных и природных условий в различных частях страны [Васкевич, 2023].

Пространственное моделирование позволяет исследовать территориальные особенности и различия, анализировать, как определенные факторы распределены по территории, и выявлять те или иные пространственные закономерности. В России, где огромное количество факторов, влияющих на развитие регионов, имеют выраженное географическое распределение — например, природные ресурсы, доступ к транспортной инфраструктуре, плотность населения и другие, — интеграция пространственного моделирования в исследования, направленные на оценку регионального развития, становится не только полезным, но и необходимым инструментом.

В работе по оценке инновационного потенциала регионов России пространственное

моделирование помогло учитывать неоднородность территорий, что является критически важным для понимания того, почему одни регионы более успешны в развитии инноваций, чем другие. Используя географические информационные системы (ГИС), исследователи смогли построить карты, на которых были обозначены разные уровни инновационного развития по регионам, и сопоставить эти данные с другими факторами — экономическими, социальными и демографическими показателями, для выявления корреляций и тенденций.

Для успешной интеграции пространственного моделирования с интеллектуальным анализом данных необходимо было решить несколько ключевых задач. Первая задача связана с проблемой сбора и обработки большого количества данных, особенно данных, имеющих пространственную привязку. На основании такого подхода исследователи собрали статистические данные по регионам из различных источников, включая официальные базы данных, спутниковые снимки, а также данные из открытых источников, таких как публикации и отчеты [Мосалев, 2022]. Важным аспектом на этом этапе было приведение всех данных к единой системе координат и разрешения, что позволило построить корректные пространственные модели.

Одной из первых методик, которая использовалась в исследовании для исследования пространственного распределения, стали регрессионные модели с пространственными уточнениями, также известные как пространственные регрессии. Этот подход позволил учитывать не только связи между переменными, но и их пространственное распределение. Например, введение пространственного эффекта в модели объяснения инновационного потенциала регионов позволило выявить важность географического положения в объяснении различий между регионами. Так, близость к крупным научно-инновационным центрам оказалась значимым фактором, способствующим росту инновационной активности, что было выявлено благодаря использованию пространственных моделей.

Следующим этапом интеграции стало использование методов интеллектуального анализа данных и методов машинного обучения. Эти методы обеспечивают возможность быстрого и эффективного анализа больших объемов данных, поиска зависимостей, которые не могут быть обнаружены традиционными методами статистики, а также возможность прогнозирования будущего развития. В процессе исследования применялись различные методы интеллектуального анализа данных, в том числе кластеризация, деревья решений, нейронные сети и другие. Кластерный анализ был использован для группирования регионов на основе множества факторов, таких как объемы ВВП, инвестиции в НИОКР, число организаций, занимающихся инновациями, и другие. Это позволило выделить группы регионов с похожими характеристиками и исследовать, что именно делает их успешными, или наоборот, слабыми в плане инновационного развития.

Объединив результаты кластеризации с пространственными данными, стало возможным визуализировать полученные кластеры на карте России. Это позволило получить наглядное представление о том, как те или иные региональные характеристики коррелируют с географическим положением, и сделать выводы о пространственном неравенстве в распределении инновационного потенциала среди регионов. Дополнительную ценность в данном контексте придали методы визуализации пространственных данных, такие как плотностные карты и трехмерные модели, которые дополнили традиционные диаграммы и графики [Хохлов, Шапошник, 2021].

Для оценки временной динамики инновационного развития использовались методы анализа временных рядов, которые также были интегрированы с пространственным моделированием. Эти модели позволили исследовать, как инновационная активность в конкретных регионах

менялась с течением времени, и как эта динамика может быть связана с изменениями во внешней среде, включая изменение экономической политики, рыночных условий, социальных факторов или технологических прорывов. Например, использование ARIMA-моделей помогло предсказать на основе исторических данных дальнейшее развитие инновационных процессов в отдельных регионах, что стало важным элементом для разработки региональных стратегий развития.

Специфика исследования больших данных заключается в необходимости работы с множеством факторов, часть из которых может быть взаимосвязана или иметь сложную нелинейную природу. Поэтому особую роль в интеграции пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных играет использование методов снижения размерности, таких как анализ главных компонент (PCA). Этот метод позволил нам не только выявить основные факторы, влияющие на инновационный потенциал, но и упростить моделирование, уменьшив нагрузку на вычислительные мощности и повысив интерпретируемость результатов.

Еще одной важной задачей, решаемой в рамках исследования, была проверка моделей на устойчивость и надежность. Для этого использовались методы перекрестной валидации, которые позволили оценить точность и предсказательную силу моделей на выборках данных, которые не участвовали в обучении моделей [Валинурова, Орешниковб 2023]. Этот этап оказался критически важным для того, чтобы модель могла быть успешно применена в дальнейшем для прогнозирования инновационного развития в других регионах, не включенных в изначальный набор данных.

Необходимо отметить, что интеграция пространственного моделирования с интеллектуальным анализом данных позволила существенно улучшить качество интерпретации полученных результатов. Модели, созданные с использованием этих подходов, позволяют не только учитывать многочисленные факторы, влияющие на инновационное развитие регионов, но и дают возможность создавать прогнозы, которые учитывают специфические особенности территории. Кроме того, такие модели обладают высокой степенью наглядности благодаря геопространственной визуализации результатов, что делает их удобными для последующего анализа и принятия решений на уровне регионального и государственного управления.

Таким образом, интеграция пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных открыла новые горизонты для исследования регионального развития России. Применение этих подходов позволило получить более детализированные и глубокие представления о многообразии региональных систем, выявить ключевые факторы успеха или провалов в инновационной деятельности, а также предложить эффективные методы прогнозирования. В дальнейшем данные методы могут быть эффективно использованы для разработки стратегий регионального развития, направленных на ускорение экономического роста, развитие научных и технологических инноваций, а также на уменьшение пространственного неравенства в стране.

Изучение региональных различий через призму пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных позволяет не только оценить текущее состояние, но и заглянуть в будущее, прогнозируя возможные изменения и динамику процессов. Это также открывает перспективы для проведения более продвинутых исследований, направленных на изучение причинно-следственных связей между пространственными переменными и социально-экономическими показателями. Интеграция этих методов предоставляет неоценимое преимущество в разработке эффективных политики стратегий, учитывающих как региональные особенности, так и общие тенденции развития страны.

Эффективное использование интеграции данных подходов требует наличия определенных

навыков и знаний. Так, для успешного выполнения пространственного моделирования и проведения значимых пространственных анализов необходимо знание ГИС-технологий и владение основами пространственной статистики [Гамидуллаева, Ворновская, 2024]. В то же время, для применения методов интеллектуального анализа данных требуются глубокие знания в области анализа данных, статистики и машинного обучения. Таким образом, успешная интеграция этих подходов создает потребность в междисциплинарных командах специалистов, которые могут наилучшим образом использовать возможности современных технологий для исследования сложных социоэкономических систем.

Кроме того, успешная интеграция этих методик способствует улучшению стратегии принятия решений и разработке более обоснованных и эффективных стратегий управления региональным развитием. Это позволяет точнее прогнозировать последствия тех или иных законодательных мер и разрабатывать инициативы, способствующие более равномерному и устойчивому экономическому росту страны. Таким образом, исследования, построенные на интеграции пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных, играют ключевую роль в создании нового типа управленческой аналитики, которая учитывает все многообразие факторов и зависимостей, определяющих развитие современных региональных систем.

В заключение следует отметить, что интеграция пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных является мощным инструментом, который позволяет достичь глубокого понимания сложных процессов, происходящих в различных регионах России. Применение этих методов способствует более обоснованному подходу к разработке и реализации региональных политик, позволяет выявить ключевые драйверы инновационного роста и предложить конкретные и эффективные меры для его стимулирования. Современные вызовы, стоящие перед регионами России, требуют именно такого подхода, который сочетает в себе научную обоснованность, передовые технологии, а также способность учитывать специфические условия и особенности развития регионов. В этом контексте рассматриваемая интеграция является тем самым мостом, который соединяет науку и практику, помогая строить будущее на основе комплексных и всесторонних данных.

Интерпретация получаемых результатов в рамках доводимого до конца исследования является важной частью аналитического процесса, поскольку именно на этом этапе становятся видны сильные и слабые стороны применяемых методов, их пригодность для решения поставленных задач, а также потенциал для разработки действенных стратегий и мер по оптимизации регионального развития.

Преимущества интеграции пространственного моделирования с интеллектуальным анализом данных проявляются прежде всего в ее междисциплинарности и комплексности. Такой подход позволяет объединить знания и методы из различных областей науки и технологий, что значительно расширяет возможности исследования [Валинурова, Орешников, 2024]. Пространственные модели дают возможность учитывать географические, экономические и социальные особенности регионов, что особенно актуально в исследованиях, направленных на изучение таких неоднородных территорий, как российские регионы. Использование интеллектуального анализа данных расширяет горизонты анализа, позволяя работать с большими объемами информации, ускорять процесс обработки данных и обнаруживать зависимости, которые могут быть невидны при использовании традиционных методов.

Одним из главных преимуществ рассматриваемого подхода является возможность пространственного анализа факторов, влияющих на развитие инновационного потенциала в отдельных регионах. Используя ГИС и методов пространственного моделирования, можно

получить наглядное представление о территориальных особенностях, что позволяет глубже понять закономерности и причины региональных различий. Например, была выявлена роль таких факторов, как наличие развитой инфраструктуры, доступ к ресурсам и уровень социально-экономического развития. Эти факторы имеют ярко выраженную пространственную компоненту и влияют на эффективность и масштабы инновационной деятельности. Пространственные модели предоставляют уникальную возможность оценить, какое влияние оказывают те или иные географические факторы на развитие региона, позволяя выделить успешные и проблемные регионы и определить причины их особенностей.

Интеллектуальный анализ данных, применяемый к пространственным моделям, позволяет выявлять скрытые закономерности и зависимости между переменными, что значительно улучшает качество принимаемых управленческих решений. С помощью машинного обучения можно прогнозировать будущее развитие инновационного потенциала на основе исторических данных и создавать модели, которые учитывают множество факторов, влияющих на региональное развитие. Эти технологии позволяют более точно прогнозировать последствия изменений в политике, рынке или других внешних факторах, что делает возможным более эффективное планирование и своевременное корректирование стратегий развития.

Тем не менее, наряду с очевидными преимуществами, есть и ряд слабых сторон, которые следует учитывать при применении этих методов. Во-первых, точность моделей и прогнозов во многом зависит от качества данных. В России, как и во многих других странах, существует проблема с доступом к исчерпывающим и актуальным данным, особенно в разрезе регионов. Разработка хороших моделей возможно только на основе полной и достоверной информации. Недостатки и пропуски в данных, либо их недостаточная точность могут привести к искажению результатов и снизить надежность выводов.

Во-вторых, использование пространственного моделирования и интеллектуального анализа требует значительных вычислительных ресурсов и специализированных знаний. Это может стать препятствием для широкого внедрения подхода в практическую деятельность, особенно в тех регионах, где наблюдается низкий уровень цифровизации или нехватка квалифицированных кадров. Также стоит учитывать, что современные методы машинного обучения и интеллектуального анализа данных зачастую представляют собой "чёрные ящики", что затрудняет интерпретацию получаемых результатов, особенно для пользователей, не обладающих специальной подготовкой.

Ещё одним слабым местом подобных моделей является сложность учета всех возможных факторов, которые могут оказать влияние на развитие регионов. Несмотря на большие возможности машинного обучения, существует риск упрощения картины и пропуска важных взаимосвязей из-за избыточной фокусировки на одной группе переменных. В этом контексте дополнительная работа по комбинированному анализу данных и подкрепление результатов с помощью экспертной оценки становятся необходимыми для обеспечения большей надежности получаемых выводов.

Говоря о потенциале для оптимизации инновационного развития регионов, следует упомянуть реализацию концепции «умных регионов», которые на основе анализа данных смогут более эффективно управлять своими ресурсами и развивать инновационные экосистемы. Подходы анализируемого исследования могут дать мощный инструмент для выработки таких стратегий. В частности, пространственное моделирование в совокупности с интеллектуальным анализом данных может помочь в решении задач оптимального размещения инновационной инфраструктуры, определения наиболее перспективных для инвестиций секторов экономики и территорий, а также выявления тех регионов, которым требуется особое внимание и поддержка.

Особенно важным направлением для оптимизации является интеграция инновационных кластеров с учетом пространственной специфики каждого региона, что подразумевает создание экономико-географической карты приоритетных направлений развития, учитывающей доступные природные ресурсы, квалификацию рабочей силы, наличие и уровень научных учреждений, образовательной инфраструктуры и других ключевых факторов. Использование полученных данных в комбинации с пространственным моделированием может способствовать оптимизации потоков инвестиций и грантов для поддержания сбалансированного экономического развития.

Еще одной возможностью, которую открывает данный подход, является создание более гибких и адаптивных программ поддержки инноваций, называемых «адаптивными инновационными экосистемами». Такие системы могут оперативно реагировать на изменения в пространственном распределении ресурсов, на новые данные об эффективных практиках и значительно увеличивать отдачу от вложенных средств. Также они позволяют оперативно идентифицировать и устранять "слабые зоны", замедляющие развитие инноваций в различных регионах.

Что касается практического применения возможных результатов анализа, то здесь важно отметить, что использование моделей и прогнозов требует грамотного подхода к внедрению, поскольку без четко выстроенной системы управления процессом развития можно столкнуться с недостаточной эффективностью предпринятых мер. Специалисты по региональной политике могут использовать результаты пространственного моделирования для развертывания целевых программ, помощи менее развитым регионам в построении дорожных карт успеха, но важно помнить об адаптации предложений к местным условиям, что требует глубокой экспертизы.

Кроме того, необходимо развивать межрегиональное сотрудничество на основе данных и пространственных моделей, что позволит регионам, переживающим проблемы с инновационной активностью, учиться у более успешных соседей и снижать барьеры для внедрения инноваций. Например, могут быть созданы программы обмена опытом и ресурсами, которые позволят регионам-партнерам разделять положительные практики, успешные решения и инфраструктурные активы с теми регионами, которые испытывают определенные трудности на пути к инновационному развитию.

Необходимо видеть в подобных исследованиях и возможности для активизации инклюзивного роста, т.е. создания условий для вовлечения максимально широкого круга регионов, с учетом их социально-экономических и географических особенностей. Создание условий для равномерного распределения инновационного развития по территории страны позволит значительно снизить территориальные диспропорции, усилить взаимообмен знаниями и технологиями, и, в конечном итоге, повысить конкурентоспособность и устойчивость экономики в целом.

## Заключение

Таким образом, несмотря на некоторые трудности и вызовы, интеграция пространственного моделирования и интеллектуального анализа данных обладает большим потенциалом для оптимизации инновационного развития регионов. Этот комплексный подход не только позволяет учитывать разнообразие факторов и условий регионального развития, но и создает основу для выработки целенаправленных и эффективных стратегий, способных значительно ускорить экономический рост и развитие в различных частях страны. В будущем отчетливо просматривается возможность расширения спектра применения подобных методов как в

академических исследованиях, так и на практике, что послужит ключевым фактором в успешной трансформации регионов в направлении устойчивого и инновационного развития.

## Библиография

1. Аверина Т.Н. Моделирование перспектив инновационного развития регионов Центрального федерального округа РФ // Научные исследования и разработки. Экономика. 2024. Т. 12. № 2. С. 52-55. DOI: 10.12737/2587-9111-2024-12-2-52-55.
2. Бояринов Д.А., Шевцова Т.П. Особенности сбора и анализа больших данных в экономике // Экономика и предпринимательство. 2023. № 6(155). С. 251-254. DOI: 10.34925/EIP.2023.155.6.042.
3. Валинурова Л.С., Орешников В.В. Подход к моделированию инновационной деятельности региона // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2023. Т. 18. № 3. С. 275-291. DOI: 10.17072/1994-9960-2023-3-275-291.
4. Валинурова Л.С., Орешников В.В. Прогнозирование параметров инновационной деятельности регионов России с применением панельных данных // Экономическое развитие России. 2024. Т. 31. № 2. С. 21-30.
5. Варламова Ю.А. Анализ использования технологий больших данных в российских регионах // Вестник экономики, права и социологии. 2023. № 4. С. 22-28.
6. Васкевич Т.В. Методы Data Mining в мезоэкономике: скоринговые модели инвестиционного и инновационного индикаторов регионов РФ // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2023. № 12. С. 101-105.
7. Гамидуллаева Л.А., Ворновская А.А. Подход к определению «умной специализации» регионов с использованием технологии больших данных // π-Economy. 2024. Т. 17. № 2. С. 67-85. DOI: 10.18721/JE.17204.
8. Маслаков В.В., Семин А.Н., Курдюмов А.В., Ляшенко Е.А. Особенности функционирования и развития технопарковых структур в Российской Федерации. Екатеринбург: Уральский государственный экономический университет, 2017. 445 с.
9. Мосалев А.И. Оптимальные пространственные форматы межрегионального экономического сотрудничества в рамках инновационной экономики // Экономика региона. 2022. Т. 18. № 3. С. 638-652. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-3-2.
10. Наумов И.В., Никулина Н.Л. Сценарное моделирование и прогнозирование пространственной неоднородности инновационного развития России // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2023. Т. 16. № 4. С. 71-87. DOI: 10.15838/esc.2023.4.88.4.
11. Николаева Т.И., Ялунина Е.Н. Научно-методический подход к оценке конкурентоспособности торговой организации // Известия Уральского государственного экономического университета. 2006. № 4(16). С. 75-84.
12. Хохлов Ю.Е., Шапошник С.Б. Исследования и разработки в области работы с большими данными // Информационное общество. 2021. № 4-5. С. 90-109. DOI: 10.52605/16059921\_2021\_04\_90.
13. Ялунина Е.Н. Пищевая промышленность как субъект агропромышленного комплекса и рынка продовольственных товаров // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2015. № 1. С. 12-17.
14. Ялунина Е.Н. Теоретические подходы эффективности управления многоуровневых экономических систем // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. Т. 8. № 1. С. 101-107.

## Integration of spatial modeling methods and big data intelligence analysis for assessing and optimizing the innovation potential of Russian regions

**Dmitrii S. Petrenko**

Teacher of Additional Education,  
Private School "Zemlyane",

Master's Student,

Moscow City Pedagogical University,

129226, 4 2-i Selskokhozyaistvenny proezd, Moscow, Russian Federation;

e-mail: dim.petrenkos@yandex.ru

**Abstract**

The relevance of the study is due to the need to increase the level of innovative development of Russian regions, which requires the development of effective tools for assessing and optimizing their innovation potential. Traditional approaches to analyzing innovation activity often do not take into account the spatial specificity of regions and do not utilize the capabilities of modern methods of big data analysis. This study proposes the integration of spatial modeling methods and data intelligence analysis to create more accurate and objective models of regional innovation development. The study used a combination of spatial analysis methods, such as geographic information system (GIS) modeling, and data intelligence analysis methods, including machine learning and clustering. Large datasets on socio-economic indicators, infrastructure, and innovation activity of Russian regions were collected and analyzed. Geostatistical analysis was used to identify patterns in the spatial distribution of innovation resources and activities. The application of the integrated approach allowed the identification of key factors determining the innovation potential of regions. As a result of the analysis, spatial models were created, illustrating regional disparities in innovation activity, and methods for optimizing resource use to eliminate them were proposed. Regions leading in innovation development were identified, as well as "growth points" requiring targeted attention to improve the efficiency of innovation activities. The study's results demonstrate the high effectiveness of integrating spatial modeling and data intelligence analysis for assessing regional innovation potential. This approach allows not only for an accurate assessment of the current situation but also for the development of scenarios for strategic planning and resource management. The identified dependencies and models can serve as the foundation for developing state programs to support regions with low levels of innovation development. The presented integrated approach offers new opportunities for assessing and enhancing the innovation potential of Russian regions by more precisely considering their spatial specificity and utilizing the potential of big data. Effective implementation of these methods can contribute to more balanced regional development and improve the global competitiveness of the Russian economy.

**For citation**

Petrenko D.S. (2024) Integratsiya metodov prostranstvennogo modelirovaniya i intellektual'nogo analiza bol'shikh dannykh dlya otsenki i optimizatsii innovatsionnogo potentsiala regionov Rossii [Integration of spatial modeling methods and big data intelligence analysis for assessing and optimizing the innovation potential of Russian regions]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (9A), pp. 42-53.

**Keywords**

Integration, spatial modeling, data intelligence analysis, innovation potential, Russian regions.

**References**

1. Averina T.N. (2024) Modelirovanie perspektiv innovatsionnogo razvitiya regionov Tsentral'nogo federal'nogo okruga RF [Modeling the Prospects for Innovative Development of Regions of the Central Federal District of the Russian Federation]. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika* [Research and Development. Economy], 12 (2), pp. 52-55. DOI: 10.12737/2587-9111-2024-12-2-52-55.
2. Boyarinov D.A., Shevtsova T.P. (2023) Osobennosti sbora i analiza bol'shikh dannykh v ekonomike [Features of Collecting and Analyzing Big Data in the Economy]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economy and Entrepreneurship], 6(155), pp. 251-254. DOI: 10.34925/EIP.2023.155.6.042.
3. Gamidullaeva L.A., Vormovskaya A.A. (2024) Podkhod k opredeleniyu «umnoi spetsializatsii» regionov s ispol'zovaniem tekhnologii bol'shikh dannykh [An approach to defining "smart specialization" of regions using big data

- technology]. *π-Economy* [ $\pi$ -Economy], 17 (2), pp. 67-85. DOI: 10.18721/JE.17204.
4. Khokhlov Yu.E. Shaposhnik S.B. (2021) Issledovaniya i razrabotki v oblasti raboty s bol'shimi dannymi [Research and development in the field of working with big data]. *Informatsionnoe obshchestvo* [Information society], 4-5, pp. 90-109. DOI: 10.52605/16059921\_2021\_04\_90.
  5. Maslakov V.V., Semin A.N., Kurdyumov A.V., Lyashenko E.A. (2017) *Osobennosti funktsionirovaniya i razvitiya tekhnoparkovykh struktur v Rossiiskoi Federatsii* [Features of functioning and development of technology park structures in the Russian Federation]. Ekaterinburg: Ural State University of Economics.
  6. Mosalev A.I. (2022) Optimal'nye prostranstvennye formaty mezhhregional'nogo ekonomicheskogo sotrudnichestva v ramkakh innovatsionnoi ekonomiki [Optimal spatial formats of interregional economic cooperation within the framework of an innovative economy]. *Ekonomika regiona* [Economy of the region], 18 (3), pp. 638-652. DOI: 10.17059/ekon.reg.2022-3-2.
  7. Naumov I.V., Nikulina N.L. (2023) Stsenarnoe modelirovanie i prognozirovaniye prostranstvennoi neodnorodnosti innovatsionnogo razvitiya Rossii [Scenario modeling and forecasting of spatial heterogeneity of innovative development of Russia]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economic and social changes: facts, trends, forecast], 16 (4), pp. 71-87. DOI: 10.15838/esc.2023.4.88.4.
  8. Nikolaeva T.I., Yalunina E.N. (2006) Nauchno-metodicheskii podkhod k otsenke konkurentosposobnosti torgovoi organizatsii [Scientific and methodological approach to assessing the competitiveness of a trade organization]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of the Ural State University of Economics], 4(16), pp. 75-84.
  9. Valinurova L.S., Oreshnikov V.V. (2023) Podkhod k modelirovaniyu innovatsionnoi deyatelnosti regiona [Approach to Modeling Regional Innovation Activities]. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of Perm University. Series: Economy], 18 (3), pp. 275-291. DOI: 10.17072/1994-9960-2023-3-275-291.
  10. Valinurova L.S., Oreshnikov V.V. (2024) Prognozirovaniye parametrov innovatsionnoi deyatelnosti regionov Rossii s primeneniem panel'nykh dannykh [Forecasting the parameters of innovation activities of Russian regions using panel data]. *Ekonomicheskoe razvitie Rossii* [Economic development of Russia], 31 (2), pp. 21-30.
  11. Varlamova Yu.A. (2023) Analiz ispol'zovaniya tekhnologii bol'shikh dannykh v rossiiskikh regionakh [Analysis of the use of big data technologies in Russian regions]. *Vestnik ekonomiki, prava i sotsiologii* [Bulletin of Economics, Law and Sociology], 4, pp. 22-28.
  12. Vaskevich T.V. (2023) Metody Data Mining v mezeekonomike: skoringovye modeli investitsionnogo i innovatsionnogo indikatorov regionov RF [Data Mining Methods in Meso-economics: Scoring Models of Investment and Innovation Indicators of Russian Regions]. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii* [Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technology], 12, pp. 101-105.
  13. Yalunina E.N. (2014) Teoreticheskie podkhody effektivnosti upravleniya mnogourovnevnykh ekonomicheskikh sistem [Theoretical approaches to the efficiency of management of multi-level economic systems]. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i menedzhment* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Economics and Management], 8 (1), pp. 101-107.
  14. Yalunina E.N. (2015) Pishchevaya promyshlennost' kak sub"ekt agropromyshlennogo kompleksa i rynka prodovol'stvennykh tovarov [Food industry as a subject of the agro-industrial complex and the food market]. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii* [Economy of agricultural and processing enterprises], 1, pp. 12-17.