

# Моделирование агрегированного индикатора уровня экономической безопасности региона сквозь призму ключевых детерминантов

**Васкевич Татьяна Владимировна**

Канд. пед. наук, доц. каф. математики и информатики  
ORCID: 0009-0002-9998-2798, e-mail: tvvaskevich@fa.ru

**Литвинова Татьяна Ильинична**

Магистрант  
ORCID: 0009-0000-8408-4667, e-mail: 10blitvinova@mail.ru

**Рябчикова Юлия Олеговна**

Магистрант  
ORCID: 0009-0009-9269-8541, e-mail: j.ryabchikova@bsrpro.ru

Краснодарский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Краснодар, Россия

## Аннотация

Изучены взаимосвязи между экономическими, демографическими и социальными факторами, определяющими экономическую безопасность региона на примере Краснодарского края. Исследование охватывает период 2012–2022 гг. и включает анализ 12 значимых показателей, среди которых валовой региональный продукт, индекс производительности труда и уровень безработицы. На основании корреляционного анализа отобраны ключевые показатели для построения регрессионных моделей. По результатам регрессионного моделирования выяснено, что выбранные показатели имеют нелинейную зависимость с валовым региональным продуктом. Проведен факторный анализ, в результате которого выявлены три группы факторов, влияющих на экономическую безопасность региона, при этом наиболее значимыми оказались факторы из группы «Демографически-экономические показатели». Кластеризация данных продемонстрировала структурные изменения в экономике региона, связанные с интеграцией в международные рынки. Проведен биннинг, по результатам которого можно сделать вывод о взаимосвязи уровня безработицы и экономического благосостояния региона. Построена логистическая регрессия, получена бинарная модель для прогнозирования уровня безработицы с предсказательной силой в 76,6 %. На основании проведенных анализов выделены наиболее значимые показатели для экономической безопасности региона: валовой региональный продукт, суммарный коэффициент рождаемости и доля продукции высокотехнологичных отраслей в валовом региональном продукте. Подчеркнута необходимость комплексного подхода к обеспечению экономической безопасности, акцентировано внимание на поддержке инновационных секторов и сбалансированном развитии экономики.

## Ключевые слова

Экономическая безопасность, региональная экономика, социально-экономические показатели, валовой региональный продукт, уровень безработицы, регрессионный анализ, кластеризация, факторный анализ, логистическая регрессия, устойчивое развитие

**Для цитирования:** Васкевич Т.В., Литвинова Т.И., Рябчикова Ю.О. Моделирование агрегированного индикатора уровня экономической безопасности региона сквозь призму ключевых детерминантов // Вестник университета. 2025. № 8. С. 79–91.



# Modeling an aggregated indicator of regional economic security level through the prism of key determinants

**Tatyana V. Vaskevich**

Cand. Sci. (Ped.), Assoc. Prof. at the Mathematics and Informatics Department  
ORCID: 0009-0002-9998-2798, e-mail: tvvaskevich@fa.ru

**Tatiana I. Litvinova**

Graduate Student  
ORCID: 0009-0000-8408-4667, e-mail: 10blitvinova@mail.ru

**Julia O. Ryabchikova**

Graduate Student  
ORCID: 0009-0009-9269-8541, e-mail: j.ryabchikova@bsrpro.ru

Krasnodar Branch of the Financial University Under the Government of the Russian Federation, Krasnodar, Russia

## Abstract

The interrelationships of economic, demographic, and social factors determining regional economic security have been studied using the Krasnodar Region case. The study covers the period 2012-2022 and includes an analysis of 12 significant indicators such as gross regional product, labor productivity index, and unemployment rate. Based on the correlation analysis, key indicators have been selected for building regression models. Based on the regression modeling results, it has been found that the selected indicators have a nonlinear relationship with gross regional product. A factor analysis has been carried out, as a result of which three groups of factors affecting regional economic security have been identified, with the most significant factors being from the Demographic and Economic Indicators group. Data clustering has demonstrated structural changes in regional economy related to integration into international markets. Binning has been carried out, according to the results of which it has become possible to draw a conclusion about the relationship between unemployment rate and regional economic well-being. A logistic regression has been built, and a binary model has been obtained for predicting unemployment rate with a predictive power of 76.6%. Based on the conducted analyses, the most significant indicators for regional economic security have been identified: gross regional product, total fertility rate, and share of high-tech industries in gross regional product. The need for an integrated approach to ensuring economic security has been emphasized, and attention has been focused on supporting innovative sectors and balanced economic development.

## Keywords

Economic security, regional economy, socio-economic indicators, gross regional product, unemployment rate, regression analysis, clusterization, factor analysis, logistic regression, sustainable development

**For citation:** Vaskevich T.V., Litvinova T.I., Ryabchikova J.O. (2025) Modeling an aggregated indicator of regional economic security level through the prism of key determinants. *Vestnik universiteta*, no. 8, pp. 79–91.



## ВВЕДЕНИЕ

Экономическая безопасность Российской Федерации (далее – РФ, Россия) является ключевым элементом устойчивого развития страны. Она определяется способностью национальной экономики противостоять внутренним и внешним вызовам, обеспечивать стабильное функционирование хозяйственной системы и защищать интересы граждан. Исследование региональных аспектов экономической безопасности имеет особое значение, поскольку именно региональный уровень формирует основу для развития всей страны [1].

На тему экономической безопасности регионов Краснодарского края проведены многие исследования, которые показали низкие результаты [2]. В статье будет пересмотрен подход к изучению уровня экономической безопасности данного региона.

Цель настоящего исследования – анализ и оценка динамики ключевых социально-экономических показателей Краснодарского края в контексте обеспечения экономической безопасности региона.

Объект исследования – социально-экономическая система Краснодарского края.

Предмет исследования – влияние и взаимосвязь показателей, отражающих экономическое развитие и безопасность региона, за период 2012–2022 гг.

Для анализа состояния и факторов, влияющих на экономическую безопасность в Краснодарском крае, за основу взяты 12 ключевых показателей за период с 2012 г. по 2022 г.<sup>1</sup>. Обработка данных производилась в low-code платформе Logiplot. Эти показатели включают:

- валовой региональный продукт (далее – ВРП), млн руб.;
- долю ВРП края в валовом внутреннем продукте (далее – ВВП) РФ;
- индекс производительности труда, %;
- объем инвестиций в основной капитал по полному кругу хозяйствующих субъектов, млн руб.;
- долю продукции высокотехнологичных отраслей в ВРП по сравнению с уровнем 2011 г., %;
- структуру численности трудоспособного населения;
- численность населения с доходами ниже прожиточного минимума;
- суммарный коэффициент рождаемости;
- индекс физического объема оборота розничной торговли, %;
- численность постоянного населения мужского пола по возрасту на 1 января каждого года;
- численность постоянного населения женского пола по возрасту на 1 января каждого года;
- уровень безработицы, %.

Выбор данных показателей обусловлен их влиянием на ключевые аспекты социально-экономического развития, включая производственные, демографические и социальные факторы. Анализ позволяет выявить основные тенденции, потенциальные угрозы и возможности для укрепления экономической безопасности региона.

## ПОДГОТОВКА ДАННЫХ И КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Для исследования использовались данные, предварительно загруженные из официального источника – Федеральной службы государственной статистики. Данные были обобщены и структурированы для дальнейшей работы.

На первом этапе проведена проверка типов данных: три показателя представлены в виде целых чисел, остальные имеют вещественный формат. Далее данные исследованы с помощью визуализатора low-code платформы Logiplot «Качество данных» для выявления возможных ошибок, таких как пропуски, выбросы или аномальные значения.

Результаты анализа показали, что данные не содержат ошибки, отсутствуют пропущенные значения и статистически значимые выбросы. Это подтверждает их пригодность для дальнейшей работы.

После выгрузки и подготовки данных следующим этапом исследования выступает изучение взаимосвязей между выбранными показателями. Для этого используется корреляционный анализ, который позволяет оценить степень взаимосвязи между показателями.

В контексте экономической безопасности Краснодарского края одним из наиболее значимых показателей является ВРП. Именно этот показатель будет использоваться в качестве ключевой переменной для анализа, чтобы оценить, как он коррелирует с другими социально-экономическими показателями (табл. 1).

<sup>1</sup> Федеральная служба государственной статистики. Технологическое развитие отраслей экономики. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/11189> (дата обращения: 16.04.2025).

## Корреляционный анализ. Результаты в виде матрицы

Показатели	Значение коэффициента парной корреляции Пирсона с показателем ВРП, млн руб.
ВРП, млн руб.	1,0000
Доля продукции высокотехнологичных отраслей в ВРП от уровня 2011 г., %	0,3721
Структура численности трудоспособного населения	- 0,5882
Численность населения с доходностью ниже прожиточного минимума	- 0,7401
Суммарный коэффициент рождаемости	- 0,7563
Уровень безработицы, %	- 0,8722

Составлено авторами по материалам исследования

В табл. 1 представлены результаты корреляционного анализа. Оценка коэффициентов проведена в соответствии со шкалой Чеддока. Показатели с мультиколлинеарностью и отсутствием связи с ВРП исключены из дальнейшего исследования – регрессионного анализа. Это позволит повысить точность модели и избежать искажений, вызванных взаимозависимостью факторов и полному отсутствию связей.

## РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Результаты корреляционного анализа позволили отобрать значимые факторные признаки для дальнейшего исследования. Следующим шагом становится применение регрессионного анализа. В качестве целевой переменной используется ВРП, тогда как отобранные входные показатели выступают объясняющими факторами. Однако с учетом различной природы и масштабов данных перед построением модели проведена нормализация. В качестве метода нормализации выбрана стандартизация, поскольку данные имеют разные распределения и чувствительны к масштабированию.

Следующим шагом выступает отбор факторов для защиты модели от переобучения. Для этого применен метод перебора, который позволил оценить эффективность различных подходов. Наилучшие результаты показал метод «Backward – пошаговое исключение».

Результаты регрессионного анализа представлены на рис. 1, где продемонстрированы коэффициенты модели и их статистическая значимость.

Показатель	Значение	Атрибут	Коэффициент	Стандартная ошибка	T-статистика	P-значение	Нижняя граница ДИ	Верхняя граница ДИ
Константа	Включена	Константа	2 440 902,236364	125 721,884958	19,415094	1,179471e-8	2 156 499,573786	2 725 304,898942
Логарифм функции правдоподобия	-156,853161	Уровень безработицы, %	-705 393,264933	131 858,225352	-5,349634	0,000463	-1 003 677,293888	-407 109,235978
Коэффициент детерминации	0,760757							
Коэффициент детерминации (скорр.)	0,734174							
Стандартное отклонение	416 972,320342							
Число степеней свободы ошибки	9,00							
Число степеней свободы модели	1,000000							
F-статистика	28,618586							
P-значение модели	0,000463							
Критерий Акаике	28,882393							
Критерий Акаике (скорр.)	29,018757							
Критерий Байеса	28,954738							
Критерий Ханнана-Куинна	28,836790							

Примечание: рисунок выполнен в low-code платформе Loginom

Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 1. Регрессионный анализ. Визуализатор «Отчет по регрессии»

Результаты регрессионного анализа демонстрируют, что коэффициент детерминации составляет 0,76, что свидетельствует о среднем уровне объясненности вариации целевой переменной входными факторами. Все показатели, кроме уровня безработицы, исключены вследствие проверки на р-значимость.

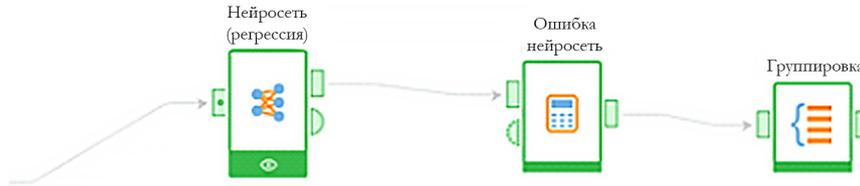
На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что модель регрессии выявляет достаточно значимую зависимость между уровнем безработицы и ВРП. Однако выявленная линейная связь имеет свои ограничения, так как не учитывает возможные нелинейные зависимости.

Для более точного анализа зависимости и прогнозирования значений целевой переменной применим нейронную сеть, адаптированную для решения задачи регрессии. В данном случае выходным значением нейронной сети является прогнозируемый показатель ВРП, который зависит от множества входных параметров.

Перед выполнением прогноза алгоритм проходит этап обучения на тренировочной выборке данных. Каждая строка обучающей выборки включает:

- входные параметры – значения показателей, отобранных на предыдущих этапах анализа;
- выходное значение – соответствующий этим параметрам показатель ВРП;

Сценарий реализации выглядит следующим образом (рис. 2).



Примечание: рисунок выполнен в low-code платформе Logiном

Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 2. Нейросеть (регрессия). Сценарий реализации

Для реализации модели нейросети необходимо выполнить несколько ключевых шагов настройки. Сначала проводим нормализацию данных с использованием метода стандартизации. Затем для обучения модели выбираем обучающее множество, которое составит 90 % от общего объема данных, а тестовое множество – 10 %, чтобы проверить точность прогноза на новых данных.

Для оценки эффективности модели используется метод «K-fold кросс-валидации». Данный метод является оптимальным, поскольку обеспечивает более объективную оценку модели и минимизирует влияние случайных факторов на результаты. Ошибка аппроксимации модели (ошибка MAPE) составила 0,15, что свидетельствует о высокой точности модели и способности нейросети адекватно предсказывать значения целевой переменной.

Результаты прогноза представлены на диаграмме, которая демонстрирует сравнение реальных и прогнозируемых значений ВРП, подтверждая высокое качество работы нейросети. Нейросеть (регрессия) показала себя значительно более эффективной по сравнению с линейной регрессией. Соответственно, форма взаимосвязи между показателями и ВРП нелинейная.

## ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ

Следующим этапом исследования выступил факторный анализ, позволяющий решать две основные задачи:

- сокращение размерности исходного набора переменных путем их объяснения меньшим числом факторов;
- группировка и структурирование данных для более глубокого понимания взаимосвязей между показателями.

Результаты факторного анализа представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты факторного анализа. Факторные нагрузки

Наименование показателя	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
ВРП, млн руб.	– 0,947	– 0,180	– 0,106
Численность постоянного населения – мужчин по возрасту на 1 января	-0,756	– 0,595	– 0,216
Численность постоянного населения – женщин по возрасту на 1 января	– 0,730	– 0,621	– 0,231

Наименование показателя	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
Доля продукции высокотехнологичных отраслей в ВРП от уровня 2011 г., %	- 0,276	- 0,892	0,148
Индекс производительности труда, %	- 0,190	0,429	0,808
Доля ВРП края в ВВП РФ, %	- 0,034	0,912	- 0,208
Инвестиции в основной капитал по полному кругу хозяйствующих субъектов, млн руб.	- 0,006	0,795	0,500
Индекс физического объема оборота розничной торговли, %	0,017	- 0,252	0,909
Структура численности трудоспособного населения	0,430	0,795	0,319
Суммарный коэффициент рождаемости	0,850	0,236	- 0,206
Численность населения с доходом ниже прожиточного минимума	0,881	- 0,085	- 0,336
Уровень безработицы, %	0,932	- 0,004	- 0,011

Составлено авторами по материалам исследования

В рамках анализа 12 показателей экономической безопасности разделены на три группы факторов:

1) демографически-экономические показатели – ВРП, численность постоянного населения – мужчин, численность постоянного населения – женщин, суммарный коэффициент рождаемости, численность населения с доходами ниже прожиточного минимума, уровень безработицы (эта группа в наибольшей степени определяет уровень экономической безопасности региона) [3];

2) показатели инновационно-экономического развития – продукция высокотехнологичных отраслей в ВРП по сравнению с уровнем 2011 г., доля ВРП края в ВВП РФ, объем инвестиций в основной капитал по полному кругу хозяйствующих субъектов, структура численности трудоспособного населения;

3) показатели деловой активности – производительность труда, индекс физического объема розничной торговли.

Такой подход позволяет не только сократить размерность исходного набора данных, но и выделить основные направления анализа, обеспечивая более глубокое понимание взаимосвязей между показателями и их влияния на экономическую безопасность Краснодарского края [4].

## КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ

В рамках дальнейшего исследования применен кластерный анализ, позволяющий структурировать данные на основе их схожих характеристик. Для анализа используются методы k-средних и древа, которые зарекомендовали себя как одни из эффективных подходов в многомерной аналитике. Для определения оптимального количества кластерных групп был применен метод убывающей суммы квадратов внутрикластерных расстояний (WCSS).

Процесс реализации метода состоял из нескольких шагов:

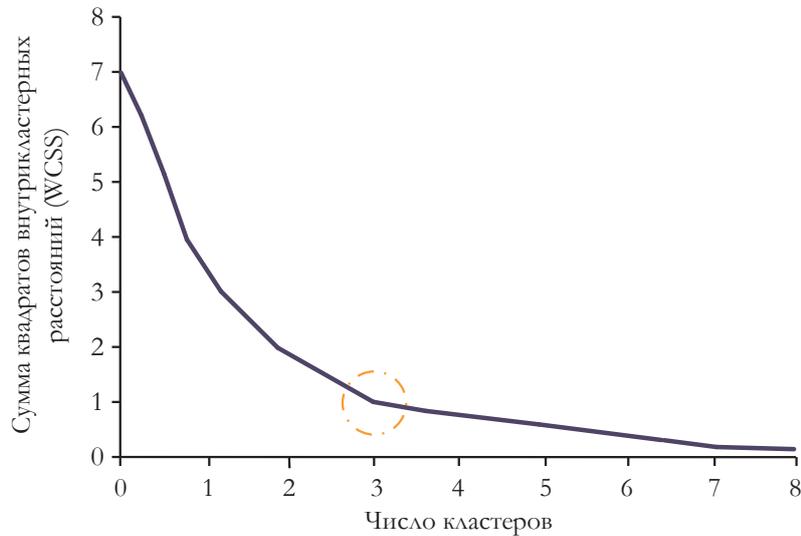
1) задание начальных параметров – устанавливается начальное количество кластеров равным двум и количество итераций также равным двум, и эти параметры передаются в подмодель в компонент «Кластерный анализ»;

2) расчет расстояния до центров кластеров – после выполнения анализа значения внутрикластерных расстояний возводятся в квадрат и суммируются;

3) создание переменных – в компоненте «Калькулятор переменных» задаются две новых переменных: новое количество кластеров, которое увеличивается на одну единицу при каждой итерации, и число итераций, которое уменьшается на одну единицу с каждой итерацией;

4) организация цикла – в компоненте «Цикл» в качестве узла выбирается подмодель, далее для цикла задаются начальные значения переменных (в цикле используется условие «цикл с постусловием», при котором процесс продолжается до тех пор, пока значение переменной «Количество итераций» не достигнет нуля):

- «Начальное число кластеров» = 2;
- «Количество итераций» = 9 (рекомендуемое значение на основе исследований Н.Г. Загоруйко) [5]);
- 5) анализ результатов – итоговые данные визуализируются в формате диаграммы (рис. 3), оптимальное количество кластеров для 2016 г. составляет три.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 3. Метод убывающей суммы квадратов внутрикластерных расстояний (WCSS) для 2016 г.

Далее аналогично вычисляются метрики для 2021 г. Подтверждается оптимальное число кластеров, равное трем.

Следующий этап исследования – кластеризация методом древа (иерархический метод). Для анализа использовался метод Варда, в котором на каждом шаге для каждого кластера оценивается текущее значение внутригрупповой дисперсии. Он требует использования только одной метрики – квадрата Евклидова расстояния. Центральным объектом исследования выступает ключевой показатель – ВРП – и его связь с вкладом товарной структуры экспорта и импорта в формирование ВРП<sup>2</sup>.

Для оценки влияния Указа Президента РФ от 13 мая 2017 г. «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года» на экономические процессы будут проанализированы динамика и изменения кластеров на примере двух временных точек: 2016 г. (до принятия Указа) и 2021 г. (период после реализации его положений)<sup>3</sup>. Такой подход позволит выявить структурные изменения, произошедшие в экономике, и продемонстрировать их влияние на распределение данных по кластерам. В табл. 3 представлены условные обозначения отраслей экономики.

Таблица 3

**Условные обозначения отраслей экономики**

Коды ТНВЭД ЕАЭС (Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза)	Наименование отрасли	Условное обозначение
01–24	Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (кроме текстильного)	C1
25–27	Минеральные продукты	C2
27	Топливо-энергетические товары	C3
28–40	Продукция химической промышленности, каучук	C4
41–43	Кожевенное сырье, пушнина и изделия из них	C5
44–49	Древесина и целлюлозно-бумажные изделия	C6

<sup>2</sup> ФГИС ЕМИСС. Режим доступа: <https://fedstat.ru> (дата обращения: 16.04.2025).

<sup>3</sup> Указ Президента Российской Федерации от 13 мая 2017 г. № 208 «О Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года». Режим доступа: <https://base.garant.ru/71672608/> (дата обращения: 16.04.2025).

Коды ТН ВЭД ЕАЭС (Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза)	Наименование отрасли	Условное обозначение
50–67	Текстиль, текстильные изделия и обувь	С7
68–71, 91–97	Другие товары	С8
72–83	Металлы и изделия из них	С9

Составлено авторами по материалам источника<sup>4</sup>

Полученные результаты представлены в графической форме для наглядной иллюстрации влияния Указа на экономические показатели (рис. 4).



Примечание: рисунок выполнен в ППП Statistica. Linkage Distance – межгрупповая связь, Tree Diagram for 9 Cases – древовидная диаграмма (иерархический кластерный анализ) для 9 кластеров, Ward's method – метод Варда, Squared Euclidean distances – квадрат евклидова расстояния.

Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 4. Кластерный анализ методом древа. Результаты за 2016 г.

Пояснение результатов кластеризации за 2016 г.:

- первая группа кластеров включала только товарную группу С3, которая характеризовалась высокой экспортной зависимостью;
- вторая группа кластеров состояла из товарной группы С1, отличающейся отсутствием зависимости от экспорта и импорта, что свидетельствует о сбалансированном развитии этого сектора экономики;
- третья группа кластеров объединяла оставшиеся товарные группы (С2, С4–С9), которые демонстрировали среднюю вовлеченность в торговлю.

Аналогично представим результаты за 2021 г.:

- первая группа кластеров стала включать две товарные группы – С2 и С3, – которые характеризуются экспортной зависимостью;
- вторая группа кластеров осталась представлена товарной группой С1, которая продолжает демонстрировать сбалансированность, но при этом прослеживается тенденция к развитию экспортного потенциала;

<sup>4</sup> Общероссийские классификаторы – ТН ВЭД – Товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности. Режим доступа: <https://classifikators.ru/toved> (дата обращения: 16.04.2025).

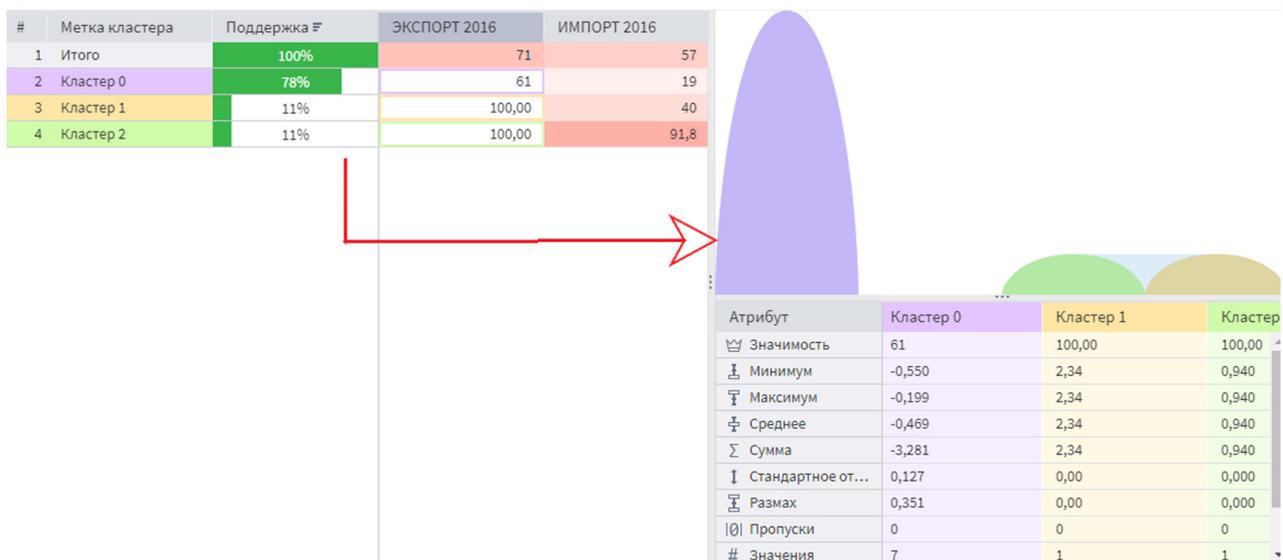
– третья группа кластеров объединяет остальные товарные группы (С4–С9), сохраняя уровень средней вовлеченности в торговлю.

Результаты кластеризации позволяют выявить значимые изменения в структуре товарных групп по экспорту и импорту в период с 2016 г. по 2021 г. Анализировались девять товарных групп (С1–С9), распределенных на три кластера по степени зависимости от внешнеэкономической деятельности.

Данные результаты продемонстрировали существенные изменения в структуре внешнеэкономической активности. Увеличение числа экспортозависимых групп свидетельствует о растущем влиянии международной торговли на региональную экономику, в то время как сбалансированный сектор стремится к диверсификации и развитию экспорта [6]. Это указывает на усиливающуюся интеграцию экономики в глобальные процессы, а также на структурные сдвиги, вызванные воздействием Указа Президента РФ и последующих экономических мер.

В ходе дальнейшего исследования проводился кластерный анализ методом k-средних. Данный метод выполняет итеративное разделение данных, минимизируя сумму квадратов расстояний между точками внутри кластера и их центроидом, что обеспечивает четкое разделение объектов на кластеры с минимальной внутригрупповой вариацией.

Результаты кластерного анализа за 2016 г. представлены ниже в виде графической визуализации «Профили кластеров», где каждая группа показателей выделена отдельным цветом (рис. 5).



Примечание: рисунок выполнен в low-code платформе Loginom

Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 5. Кластерный анализ методом k-средних. Результаты за 2016 г.

Из диаграммы можно сделать вывод о том, что в первый кластер входит 7 показателей, во второй и третий – по одному. Результаты данного метода оказались идентичными результатам метода древа.

Оценим результаты за 2021 г.: в первый кластер попало 6 показателей, во второй – один, в третий – два. Так же, как и в методе древа, в сравнении с 2016 г. наблюдается увеличение групп кластера «Высокая экспортная зависимость».

Оба метода кластеризации подтвердили структурные сдвиги в экономике региона в период с 2016 г. по 2021 г. Увеличение экспортной зависимости свидетельствует об усилении интеграции региона в глобальные экономические процессы.

## БИННИНГ И ЛОГИСТИЧЕСКАЯ РЕГРЕССИЯ

На основании результатов факторного анализа выяснилось, что уровень экономической безопасности Краснодарского края во многом зависит от первой группы факторов «Демографически-экономические показатели», при этом наиболее значимыми показателями из этой группы являются ВРП и уровень безработицы.

Для дальнейшего исследования более детально рассмотрен значимый фактор – уровень безработицы. В качестве метода использовалось оптимальное квантование – биннинг с учителем. Оптимальное квантование позволяет не только структурировать данные о безработице, но и выявить ключевые

факторы, способствующие улучшению экономической ситуации в Краснодарском крае, что обеспечит более глубокое понимание динамики рынка труда и поможет в выработке рекомендаций для повышения уровня экономической безопасности региона. Используя компонент «Конечные классы» в платформе Loginom, проводилось оптимальное квантование.

Рассмотрим информационную значимость факторных признаков, на основании которых можно судить об их предсказательной силе. Все переменные имеют высокую предсказательную силу (значимость), следовательно, могут использоваться для оценки уровня безработицы и экономического благосостояния региона. При этом наибольшая предсказательная сила у переменной «Суммарный коэффициент рождаемости», а наименьшая – у индекса производительности труда.

Далее детально рассмотрены значимые переменные, влияющие на отклик, – критический уровень безработицы. Для детализации результатов исследования построены WoE-диаграммы таких переменных, как ВРП, доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП.

Рассмотрим фактор, имеющий монотонный тренд, – ВРП Краснодарского края. WoE-диаграмма показывает, что при объеме ВРП от 2 499 915,5 млн руб. уровень безработицы будет ниже критического, следовательно, экономическая безопасность региона будет высокой (рис. 6).



Примечание: рисунок выполнен в low-code платформе Loginom

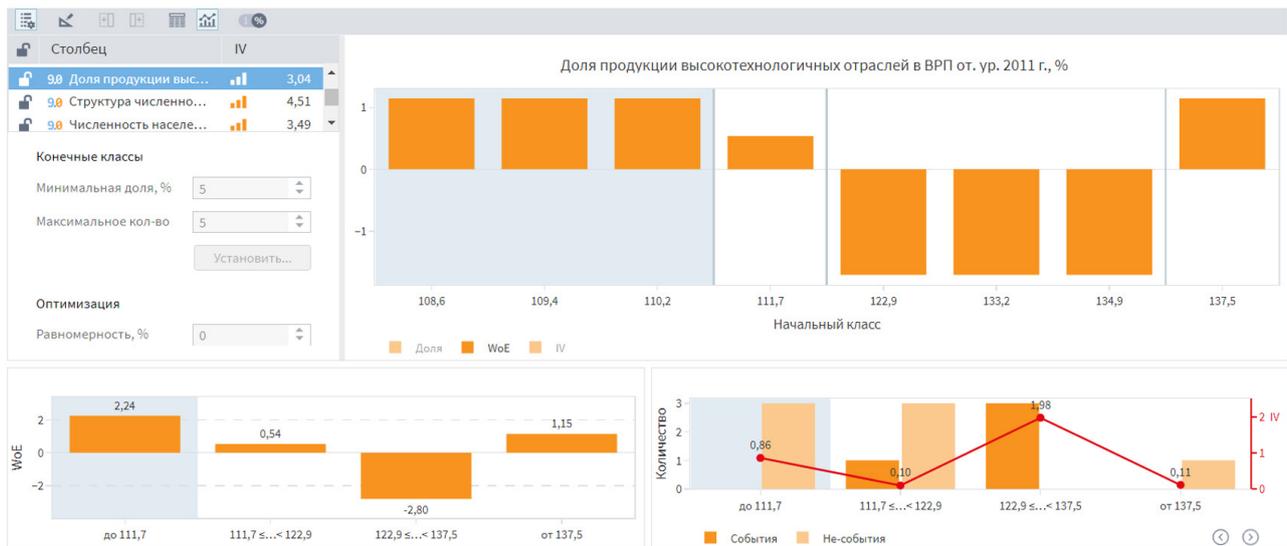
Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 6. WoE-анализ переменной «ВРП»

Как видно из рис. 7, WoE-диаграмма переменной «Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП» имеет немонотонный тренд. При значении данного показателя ниже 111,7 % наблюдаются самый высокий уровень безработицы и, как следствие, низкий уровень экономической безопасности региона, в то время как при доле продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП от 122,9 до 137,5 % уровень безработицы ниже критического, то есть экономическая безопасность высокая.

В результате проведенного анализа можно сделать вывод о том, что уровень безработицы и экономическое благосостояние региона взаимосвязаны и зависят от нескольких ключевых факторов. Факторы «Суммарный коэффициент рождаемости» и «ВРП Краснодарского края» оказались наиболее значимыми для исследуемого показателя. Низкий уровень безработицы связан с определенными значениями рождаемости и ВРП, что подчеркивает важность демографических и экономических показателей для оценки стабильности региона. Важно отметить, что различные переменные проявляют как монотонные, так и немонотонные тренды, что указывает на сложность взаимодействия этих факторов.

Для дальнейшего анализа взаимосвязи между экономическими и демографическими показателями Краснодарского края, а также их влияния на уровень безработицы и экономическую безопасность региона целесообразно применить метод логистической регрессии. Логистическая регрессия выступает инструментом для моделирования бинарных исходов. В рамках настоящего исследования производился прогноз уровня безработицы (низкий или высокий) в зависимости от различных факторов, и, как следствие, можно говорить о высоком или низком уровне экономической безопасности региона.



Примечание: рисунок выполнен в low-code платформе Logiном

Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 7. WoE-анализ переменной «Доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП»

Для практической реализации метода бинарной классификации мы применили компонент «Логистическая регрессия» в Logiном, выходным полем в котором был назначен «Критический уровень безработицы». Далее проведена нормализация данных, в качестве метода которой выбрана стандартизация. На шаге разбиение на множество установлен размер обучающего множества – 70 %, тестового – 30 %. Метод отбора факторов – «Backward-Пошаговое исключение», позволяющий выявить наиболее значимые факторы с низкой вероятностью ошибки. Уравнение логистической регрессии представлено ниже (1):

$$\text{ВРП} = -35,92 - 77,82 \cdot x_1 + 107,59 \cdot x_2, \quad (1)$$

где  $x_1$  – инвестиции в основной капитал, млн руб.,  $x_2$  – индекс физического объема оборота розничной торговли, %.

В финальную модель включены два фактора – «Инвестиции в основной капитал по полному кругу хозяйствующих субъектов» и «Индекс физического объема розничной торговли». Эти показатели оказались наиболее значимыми и продемонстрировали высокую степень достоверности (р-значение, близкое к нулю). Псевдо-R квадрат-Макфаддена равен 99 %, что свидетельствует о высоком качестве модели.

Для детализации результатов работы логистической регрессии рассмотрен визуализатор «качество бинарной классификации», который отражает способность модели выявлять и правильно классифицировать уровень безработицы в регионе (рис. 8).

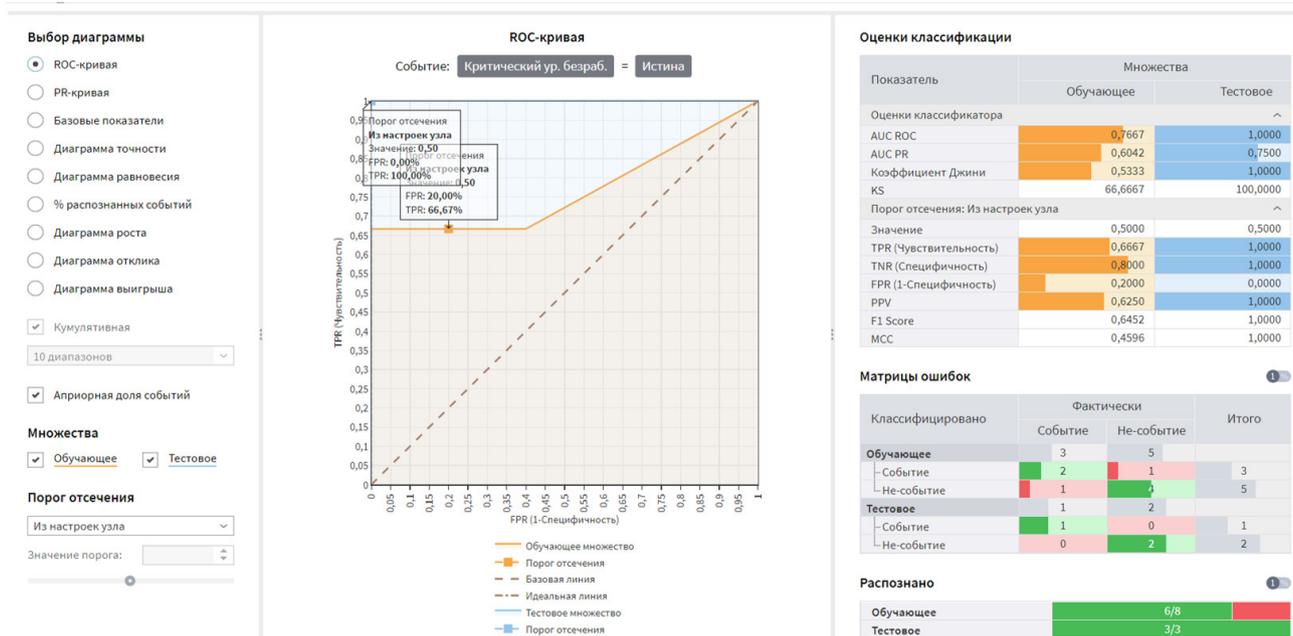
Метрика AUC-ROC измеряет способность модели различать положительные и отрицательные классы. Значение AUC варьируется от 0 до 1, где 0,5 означает, что модель имеет плохую предсказательную силу, а 1,0 указывает на идеальную модель.

Для исследуемой модели AUC ROC составляет 76,6 % (обучающее множество), что по экспертной шкале попадает в категорию «хорошее качество», следовательно, скоринговая карта отклика имеет среднюю предсказательную силу. Чувствительность (TPR) модели равна 66,7 %, то есть 66,7 % низкого уровня безработицы, при котором можно говорить о высокой экономической безопасности. Специфичность (TNR) равна 80 %, что говорит о том, что в 20 % случаях модель пропускает отрицательные случаи (высокий уровень безработицы) и относит их к положительным (низкий уровень безработицы). Метрики обучающего и тестового множества отличаются друг от друга на 24 %, что может быть связано с небольшим объемом выборки.

Точность прогноза модели логистической регрессии составляет 0,82. Полученная модель верно классифицировала 82 % случаев, следовательно, можно говорить о высокой точности прогноза модели.

В результате проведенного исследования логистическая регрессия продемонстрировала свою эффективность как инструмент для моделирования бинарных исходов, в частности уровня безработицы как

индикатора экономической безопасности [7]. Анализ показал, что два фактора – инвестиции в основной капитал и индекс физического объема розничной торговли – являются наиболее значимыми для прогнозирования уровня безработицы и, следовательно, экономической безопасности региона.



Примечание: рисунок выполнен в low-code платформе Loginom

Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 8. Качество бинарной классификации модели

Качество бинарной классификации модели оценивалось с помощью метрики AUC-ROC, которая составила 76,6 %, что свидетельствует о хорошей предсказательной способности модели. Показатели чувствительности и специфичности также подтвердили ее способность эффективно классифицировать исследуемый показатель.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования подчеркивают важность системного подхода к комплексному анализу и обеспечению экономической безопасности региона [8]. Краснодарский край демонстрирует значительные возможности для устойчивого роста, но реализация стратегических задач требует глубокого анализа сложных взаимосвязей между экономическими, демографическими и социальными факторами [9].

Применение современных методов анализа, таких как нейросетевое моделирование, факторный, регрессионный, кластерный анализ (выполненный центроидными и иерархическими методами), позволило выявить скрытые закономерности и повысить точность прогнозирования. Анализ ключевых факторов показал, что наиболее значимыми для экономической безопасности региона выступают ВРП, суммарный коэффициент рождаемости и доля продукции высокотехнологичных отраслей в ВРП. Эти показатели оказывают существенное влияние на уровень безработицы, снижая его при достижении определенных значений. Кластеризация данных выявила структурные изменения в экономике, связанные с интеграцией в международные рынки и ростом экспортноориентированных групп, что указывает на активное включение региона в глобальные процессы.

В то же время для устойчивого развития необходима дальнейшая поддержка инновационно-экономических показателей и развитие сбалансированных секторов экономики. Значение метрики качества логистической регрессии AUC-ROC в 76,6 % подтвердило хорошую точность модели бинарной классификации, однако для улучшения прогностической способности требуются учет нелинейных взаимосвязей и расширение базы исследования, что откроет новые перспективы для стратегического планирования и укрепления региональной и национальной экономической безопасности.

### Список литературы

1. Ковалева И.В. Экономическая безопасность региона: теоретический аспект. Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы. 2023;3.
2. Ануфриева А.П., Коноваленко Д.А., Арутюнова А.А. Оценка уровня экономической безопасности Краснодарского края. Экономика устойчивого развития. 2021;1(45):19–24.
3. Красносельская Д.Х., Мамателашвили А.В. Экономическая безопасность региона: пространственный аспект. Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017;1:32–35.
4. Красных С.С. Адаптационный потенциал экономического роста Российской Федерации в условиях сокращения прямых иностранных инвестиций. E-Management. 2024;1(7):36–47. <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2024-7-1-36-47>
5. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН; 1999. 270 с.
6. Дорофеев М.Л. Анализ потенциала фонда национального благосостояния Российской Федерации для финансирования расширенных пенсионных программ в условиях современных вызовов. Управление. 2025;1(13):13–23. <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2025-13-1-13-23>
7. Каткова М.А. Экономическая безопасность региона как индикатор институционального равновесия. Власть. 2012;2:93–96.
8. Васкевич Т.В., Рябчикова Ю.О., Литвинова Т.И. Предиктивное моделирование экономических показателей с учетом климатических факторов (на примере Краснодарского края). Экономика устойчивого развития. 2024;4(60):276–279.
9. Швачко А.А. Векторы совершенствования стратегий развития российских предприятий в контексте предпосылок к трансформации российской экономики. E-Management. 2024;1(7):48–60.

### References

1. Kovaleva I.V. Economic security of the region: a theoretical aspect. Innovative economy: information, analytics, forecasts. 2023;3. (In Russian).
2. Anufrieva A.P., Konvalenko D.A., Arutyunova A.A. Assessment of the economic security level of the Krasnodar Territory. Economics of sustainable development. 2021;1(45):19–24. (In Russian).
3. Krasnoselskaya D.H., Mamatelashvili A.V. Economic security of the region: a spatial aspect. Intellect. Innovatsii. Investitsii. 2017;1:32–35. (In Russian).
4. Krasnykh S.S. Adaptive potential of Russian economic growth in the context of decline in foreign direct investment. E-Management. 2024;1(7):36–47. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2024-7-1-36-47>
5. Zagorniko N.G. Applied methods of data and knowledge analysis. Novosibirsk: Siberia Branch of the Russian Academy of Science Publ. House; 1999. 270 p. (In Russian).
6. Dorofeev M.L. Analysis of the Russian National Wealth Fund potential for financing expanded pension programs in the context of contemporary challenges. Upravlenie / Management (Russia), 2025;1(13):13–23. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/2309-3633-2025-13-1-13-23>
7. Katkova M.A. Economic security of the region as an indicator of institutional equilibrium. Vlast. 2012;2:93–96. (In Russian).
8. Vaskevich T.V., Ryabchikova Yu.O., Litvinova T.I. Predictive modeling of economic indicators taking into account climatic factors (on the example of the Krasnodar Territory). Economics of sustainable development. 2024;4(60):276–279. (In Russian).
9. Shvachko A.A. Vectors for improving development strategies of Russian enterprises in the context of prerequisites for transformation of the Russian economy. E-Management. 2024;1(7):48–60. (In Russian). <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2024-7-1-48-60>