

СЕЛЕКЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ДЕТЕРМИНАНТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ*

Юлия Валентиновна ГРАНИЦА

кандидат экономических наук, доцент института экономики и предпринимательства,
Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского (ННГУ),
Нижний Новгород, Российская Федерация
ygranica@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0304-9753>
SPIN-код: 8872-0434

История статьи:

Рег. № 384/2022
Получена 11.08.2022
Получена
в доработанном виде
06.09.2022
Одобрена 04.10.2022
Доступна онлайн
28.12.2022

УДК 332.14

JEL: C15, C38, E17,
R13, R15

Ключевые слова:

экономическая
безопасность, отбор
экономических
детерминант, методы
фильтрации,
оберточные методы,
регион

Аннотация

Предмет. Отбор информативных, значимых региональных детерминант экономической безопасности.

Цели. Исследование статистического и эконометрического инструментария отбора детерминант для классификации регионов по экономической безопасности. Построение классификаторов экономической безопасности.

Методология. Произведен отбор детерминант с применением методов фильтрации (на основе хи-квадрат, F-критерия, критерия информативности), последовательного отбора в обратном направлении, рекурсивного, исчерпывающего отборов и отбора на основе классификатора «случайный лес».

Результаты. Сформирована тренировочная выборка детерминант по 82 регионам России, построены классификаторы регионов по уровню экономической безопасности, произведено ранжирование детерминант по значимости. Точность созданных классификаторов находится в диапазоне от 78 до 93%. Выявлена значимость категориальных переменных, относящих регион к ресурсному, инвестиционному кластерам, а также к кластеру региональной прибыльности. Построена тепловая карта, отражающая степень линейной связи между уровнем экономической безопасности региона и региональными детерминантами.

Выводы. Наиболее значимой группой панельных индикаторов для определения экономической безопасности служит ресурсная обеспеченность. Ее уровень зависит от объема потребления и удельного веса товаров обрабатывающей промышленности в ВРП. Значимыми индикаторами в модели классификации регионов по уровню экономической безопасности служат расходы бюджета и величина задолженности на душу населения, инвестиционный риск и сальдированный финансовый результат. Дополнительной информативной переменной в классификаторе является уровень занятости. Указанные признаки обеспечивают точность 93%.

*Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России, проект № 0729-2020-0056 «Современные методы и модели диагностики, мониторинга, предупреждения и преодоления кризисных явлений в экономике в условиях цифровизации как способ обеспечения экономической безопасности Российской Федерации».

Для цитирования: Граница Ю.В. Селекция региональных детерминант экономической безопасности // *Финансы и кредит*. — 2022. — Т. 28, № 12. — С. 2825 — 2851.
<https://doi.org/10.24891/fc.28.12.2825>

Региональные экономики на сегодняшний день играют все большую роль в развитии народнохозяйственного комплекса страны. Наличие разноплановых рисков внешней и внутренней среды, влияние которых испытывают экономические структуры на субфедеральном уровне, диктуют необходимость учета экономических индикаторов, обеспечивающих устойчивость регионов к внешним вызовам, способствующих сохранению и укреплению социального-экономического положения, формирующих кредитный, финансовый, социальный потенциал региона. Такие индикаторы обуславливают региональную экономическую безопасность и устойчивость.

Исследования факторов экономической безопасности и региональной устойчивости отражены в работах [1—13]. На основе материалов исследований нами были выделены группы детерминант экономической безопасности, характеризующие различные сферы деятельности регионов, определен состав каждой группы (*табл. 1*).

Следует обратить внимание на такой включенный нами в панель индикаторов экономической безопасности показатель, как ESG-рейтинг, который обычно применяется для оценки устойчивости компании и позволяет анализировать ее экологическую, социальную политику, а также качество корпоративного управления. Необходимость включать в модель оценки устойчивости экономических систем компонента, характеризующего качество управления, подчеркнута в работе Е.В. Синельниковой-Мурылевой с соавторами [14]. Значимость агрегированного ESG-фактора на микроуровне подчеркнута в работе С.С. Галазовой [15].

Как справедливо указано на сайте рейтингового агентства «Аналитика»¹, проблема обеспечения устойчивого развития выходит за рамки корпоративной политики, становясь значимым фактором региональной стабильности. Основываясь на данном утверждении, мы предположили, что ESG-рейтинг может стать информативной детерминантой в классификаторе региональной экономической безопасности.

¹ ESG-рейтинг российских регионов 2020. URL: https://raex-a.ru/rankings/regions/ESG_raiting

Источниками числовых значений макроэкономических индикаторов для проведения исследования были сайты Федеральной службы государственной статистики² и рейтингового агентства «Аналитика», аккумулирующего информацию о ESG-рейтинге³ и об инвестиционном климате регионов России⁴. В статье анализируются статистические данные за 2019 и 2020 гг.

Отметим, что перечень региональных детерминант достаточно широк по сравнению с общим объемом доступных исходных данных. В такой ситуации можно допустить, что часть информации может быть бесполезной для построения модели экономической безопасности, более того, лишняя информация приводит к переобучению модели. По этим причинам мы ставим перед собой цель выбрать наиболее информативные, значимые детерминанты для моделирования уровня экономической безопасности.

Реализация цели предполагает выполнение процедур, представленных на *рис. 1*.

Характеристика выделенных региональных кластеров представлена в *табл. 2*.

Следующая процедура связана с присвоением ранга экономической безопасности каждому региону, подробно о подходах к ранжированию регионов было изложено в наших предыдущих исследованиях⁵.

Следующий этап — это выполнение процедур отбора информативных детерминант для построения классификатора.

Необходимость отбора признаков в целях исключения зашумленности и обеспечения наиболее адекватной работы алгоритмов машинного обучения подчеркнута в работах С.Д. Ерохина с соавторами [16], М.Ю. Гареева [17].

² Регионы России. Социально-экономические показатели.
URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204>

³ ESG-рейтинг российских регионов 2020. URL: https://raex-a.ru/rankings/regions/ESG_raiting

⁴ Рейтинг инвестиционной привлекательности регионов RAEX за 2020 год.
URL: <https://raex-a.ru/ratings/regions/2020>

⁵ Граница Ю.В. Анализ региональной устойчивости методом градиентного бустинга // Актуальные проблемы управления: сборник научных статей по итогам VIII Всероссийской научно-практической конференции. Н. Новгород: ННГУ, 2022; Граница Ю.В. Метод опорных векторов в задачах классификации регионов России по уровню экономической безопасности // Математическое и компьютерное моделирование и бизнес-анализ в условиях цифровизации экономики: сборник научных статей по итогам II Всероссийского научно-практического семинара. Н. Новгород: ННГУ, 2022.

Реализация методов отбора экономических детерминант осуществлена нами в среде Jupyter Notebook с использованием документации по применяемым библиотекам.

Учтем каждую группу панельных индикаторов как отдельную категориальную переменную и определим, какая из групп наиболее значима для выявления класса экономической безопасности.

Применим один из одномерных статических методов отбора признаков, связанный с расчетом критерия хи-квадрат (Chi-squared score) между каждым категориальным признаком и классом экономической безопасности. Если связь между регрессором и зависимой переменной присутствует, то значение хи-квадрата будет высоким. Расчет хи-квадрата произведен нами с применением библиотеки Scikit-learn. В результате произведенных расчетов приходим к выводу о том, что наиболее значимым показателем для определения класса экономической безопасности служит ресурсная обеспеченность регионов России.

Среди факторов ресурсной обеспеченности наиболее информативные определялись нами с применением метода k-ближайших соседей, в основе которого лежит случайный отбор из имеющегося массива размеченных данных. В ходе реализации алгоритма происходит обновление значимости каждого признака на основе расчета разницы между выбранным объектом и двумя ближайшими к нему объектами того же и противоположного классов. В ситуации, когда определена разница в значениях признака для двух ближайших соседей одного класса, важность такого признака снижается, напротив, в случае наличия разницы между значениями признака для объектов разных классов, важность такого признака растет.

Существенными регрессорами для кластеризации регионов по объему и качеству ресурсов оказываются потребление, величина задолженности по кредитам, расходы бюджета, удельный вес отгруженных товаров, работ, услуг обрабатывающей промышленности в ВРП.

Соотношение между отдельными индикаторами, определяющими качество ресурсной составляющей региона, представлено на *рис. 2*. Объем кругов на диаграмме зависит от величины расходов бюджета на душу населения. Выделенная на рисунке область соответствует кластеру благоприятного инвестиционного климата. Отметим, что большая часть промышленных регионов, относящихся к кластеру В, являются благоприятными с позиции инвестиционного климата.

Предпочтительными для инвесторов также служат отдельные добывающие регионы, относящиеся к кластеру А, с большим объемом потребления на душу населения.

Для оценки значимости переменных в процессе моделирования уровня экономической безопасности первоначально был рассчитан критерий Фишера (Fisher score), который определяется как расстояние между средними значениями признаков для каждого класса, деленное на их дисперсии. Чем больше значение критерия, тем более значим признак для классификации регионов по уровню экономической безопасности.

Результаты ранжирования региональных детерминант по критерию Фишера представлены на *рис. 3*.

Наибольшее значение критерия Фишера отмечается для инвестиционного риска, величины задолженности по кредитам, индекса потребительских цен, объема инновационных товаров, демографической нагрузки, компонента, характеризующего качества регионального управления в агрегированном индексе ESG.

Подчеркнем, что у методов фильтрации есть существенный недостаток — анализируется отдельно взятая детерминанта без учета взаимосвязи с другими факторами. По этой причине для подтверждения выводов о необходимости исключить часть факторов из модели нами были построены логистические регрессии со всеми региональными детерминантами экономической безопасности и с детерминантами, отобранными по критерию Фишера.

Метрикой качества в модели логистической регрессии в данном случае служит логарифмическая потеря — измерение, учитывающее достоверность конкретной модели при присвоении балла классу, величина логарифмической потери должна минимизироваться.

Для вычисления логарифмической потери используется следующая формула:

$$LogLoss = -\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n [y_i \log(\hat{y}_i) + (1 - y_i) \log(1 - \hat{y}_i)]. \quad (1)$$

Регрессия после отбора признаков показала меньшую величину логистической потери, то есть модель улучшилась, а, следовательно, ранжирование по критерию Фишера дало положительный результат.

Еще одним способом выбора переменных для построения модели из состава методов фильтрации является оценка взаимной информации между матрицей, содержащей набор векторов-признаков, и целевой переменной. Реализуем данный тест с применением алгоритма `mutual_info_classif` из библиотеки `Scikit-learn`. По вертикальной оси на графике (*рис. 4*) отражен показатель информационной ценности регрессора.

Также разновидностью метода фильтрации, применяемого для отбора детерминант, является расчет коэффициентов корреляции. В данном случае использован коэффициент корреляции Пирсона, рассчитываемый по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (2)$$

Значения коэффициентов корреляции иллюстрируют тесноту линейной связи между экономическими детерминантами и уровнем экономической безопасности. На *рис. 5* отражена треугольная тепловая карта, содержащая набор рассчитанных коэффициентов корреляции. Нас прежде всего интересуют ячейки, позволяющие установить взаимосвязь фактора с зависимой переменной — характеристикой уровня региональной экономической безопасности Rank. Таким образом, значение коэффициента корреляции более 0,5 по модулю наблюдается только для социальной компоненты ESG-рейтинга, характеризующего долю населения с доходами ниже прожиточного минимума, уровень младенческой смертности и количество тяжких преступлений в регионах.

Коэффициент корреляции 0,5 отмечается для показателей потребления, инвестиционного риска, сальдированного финансового результата, уровня занятости и качества государственного управления как компонента ESG-рейтинга.

Следующий примененный нами метод отбора переменных — это последовательный отбор, реализуемый посредством трансформатора `SequentialFeatureSelector` в библиотеке `Scikit-learn`. Данный метод является типичным представителем группы оберточных методов, направленных на выбор подмножества признаков. Названная группа методов рассматривает предикторы как входы, а эффективность — это целевой показатель, который должен быть оптимизирован.

Порядок действий в ходе последовательного отбора представлен на *рис. 6*.

Последовательный отбор признаков осуществлялся нами в обратном направлении (backwards selection), то есть сначала построена модель исходя из всех доступных данных, а затем переменные, которые не несут ценности для модели, исключались по одной в каждой итерации.

В качестве модели для выполнения последовательного отбора применена логистическая регрессия, в основе исключения признаков лежат показатели p -значений начальной модели.

В результате определены шесть значимых региональных детерминант, а именно: потребление, коэффициент Джини, инвестиционный риск, расходы бюджета, индекс промышленного производства и сальдированный финансовый результат. Точность модели обеспечивается на уровне 83%.

Дополнительно реализован исчерпывающий отбор, входящий в группу оберточных методов. При данном виде отбора детерминант качество работы алгоритма машинного обучения оценивается по всем возможным сочетаниям детерминант в наборе данных и выбирается комбинация, обеспечивающая наилучшую производительность.

В нашем случае был осуществлен перебор 17 901 комбинаций признаков. Отбор производился с применением алгоритма ExhaustiveFeatureSelector, в качестве модели применен классификатор k -ближайших соседей. Значимыми признаками явились уровень занятости, расходы бюджета, инвестиционный риск, сальдированный финансовый результат. Признаки обеспечивают 93% правильно поставленных меток класса от общего количества данных, то есть точность модели составляет 93%.

На *рис. 7* отражена динамика точности модели классификации в зависимости от сочетания экономических детерминант.

Осуществляя перебор признаков с применением алгоритма GridSearchCV, который создает логистическую регрессию для каждой возможной комбинации имеющихся параметров, мы получаем следующий набор признаков — расходы бюджета, инвестиционный риск и сальдированный финансовый результат.

Рекурсивный отбор, который может быть рассмотрен как самостоятельная группа методов по причине того, что анализируется не подсовокупность признаков как в оберточных методах, а каждый признак отдельно, предполагает исключение наименее важных детерминант из построенной модели, затем модель перестраивают, и процедура исключения переменных

повторяется многократно, пока в итоге не будет достигнуто желаемое количество признаков в модели.

При реализации рекурсивного отбора были использованы модель логистической регрессии и техника градиентного бустинга, представляющая собой последовательность слабых предсказывающих моделей, которые в совокупности дают эффективный результат классификации.

Алгоритм градиентного бустинга и его применение для формирования классификатора региональной устойчивости исследованы нами ранее⁶.

В качестве значимых признаков при применении логистической регрессии отобраны доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте (*HT*), задолженность по кредитам (*Zd*), расходы бюджета на душу населения, инвестиционный риск, сальдированный финансовый результат, индекс человеческого развития и социальной компоненты ESG-рейтинга. Данные факторы обеспечивают точность модели на уровне 80,4%.

Использование в качестве алгоритма оценивания метода градиентного бустинга позволило выделить следующие значимые факторы: уровень занятости, задолженность по кредитам, инвестиционный риск, расходы бюджета и сальдированный финансовый результат. Точность модели при этом составила 81%.

Автоматический отбор признаков позволяет не задавать количество детерминант в модели принудительно, а определяет его при помощи алгоритма рекурсивного исключения признаков с перекрестной проверкой (RFECV).

Рассчитав оптимальное количество детерминант в модели классификации (их получилось пять), с помощью рекурсивного отбора мы определили значимые признаки. Их состав по сравнению с рекурсивным отбором дополняется долей обрабатывающей промышленности в ВРП.

Ранжирование экономических детерминант в модели классификации экономической безопасности установлены нами также при помощи алгоритма «случайный лес». Данный алгоритм для нашей задачи имеет следующие преимущества:

⁶ Граница Ю.В. Анализ региональной устойчивости методом градиентного бустинга // Актуальные проблемы управления: сборник научных статей по итогам VIII Всероссийской научно-практической конференции. Н. Новгород: ННГУ, 2022.

- практически не чувствителен к выбросам, которые присутствуют в наших исходных данных и характеризуют деятельность Москвы, Московской области и Санкт-Петербурга;
- не требует тщательной настройки параметров, работает при установке с настройками «по умолчанию»;
- редко переобучается, на практике добавление деревьев почти всегда только улучшает композицию.

Результаты отбора значимых признаков представлены на *рис. 8*.

Точность модели с применением алгоритма «случайный лес» составляет 78%.

Проведенное исследование позволило сделать следующие выводы.

Наиболее значимой группой панельных индикаторов для определения класса экономической безопасности служит ресурсная обеспеченность регионов.

Уровень ресурсной обеспеченности зависит от объема потребления и удельного веса товаров обрабатывающей промышленности в ВРП.

Для построения модели классификации регионов по уровню экономической безопасности достаточно пяти признаков, данное обстоятельство было установлено путем проведения автоматического набора детерминант с применением алгоритма рекурсивного исключения признаков с перекрестной проверкой (RFECV).

Реализованные оберточные методы отбора признаков показали, что значимыми индикаторами в модели классификации регионов по уровню экономической безопасности служат расходы бюджета, величина задолженности на душу населения, инвестиционный риск и сальдированный финансовый результат.

Наилучшее качество классификатора обеспечивается в ходе исчерпывающего набора признаков с применением алгоритма k-ближайших соседей. Дополнительной информативной переменной к общему списку в данном классификаторе является уровень занятости. Указанные признаки обеспечивают точность классификатора на уровне 93%.

Таблица 1**Детерминанты региональной экономической безопасности****Table 1****Determinants of regional economic security**

Группы детерминант	Перечень детерминант
Ресурсная обеспеченность региона	Urb — доля городского населения в общей численности населения; Pt — объем потребления на душу населения; MSP — доля малого и среднего предпринимательства в валовом региональном продукте; Bd — расходы регионального бюджета на душу населения; DN — коэффициент демографической нагрузки; HT — доля продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей в валовом региональном продукте; NR — доля автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения, отвечающих нормативным требованиям; Ed — уровень образования; Gini — коэффициент Джини; UZ — уровень занятости населения; MI — удельный вес отгруженных товаров, работ, услуг обрабатывающей промышленности в ВРП; EI — отношение объема отгруженных товаров добывающих отраслей к ВРП; In — доля инновационных товаров в общем объеме отгруженных товаров; IPP — индекс промышленного производства; IPC — индекс потребительских цен; Zd — отношение задолженности по кредитам в рублях к численности населения региона; INV — отношение объема инвестиций в основной капитал к валовому региональному продукту; IMP — отношение объема импортных товаров к ВРП; EXP — отношение объема экспорта к ВРП; HDI — индекс человеческого развития; агрегированный ESG-индекс
Инвестиционный климат региона	Risk — инвестиционный риск; P — инвестиционный потенциал
Эффективность деятельности региона	SFR — отношение сальдированного финансового результата к ВРП

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring

Таблица 2**Характеристика региональных кластеров****Table 2****Characteristics of regional clusters**

Критерий классификации	Кластеры	Общая характеристика показателей, средние значения	Регионы, формирующие кластер
Ресурсная обеспеченность	А	Высокие значения показателей потребления на душу населения, доли автодорог, отвечающих нормативным требованиям, коэффициента Джини, уровня образования, занятости, задолженности по кредитам и займам, бюджетной обеспеченности, индекса развития человеческого капитала, сальдированного финансового результата, объема реализованных товаров добывающих отраслей. Низкие значения уровня высокотехнологичных и наукоемких отраслей в ВРП и доли малого и среднего бизнеса	Москва, Камчатский край, Красноярский край, Магаданская область, Республика Коми, Республика Саха (Якутия), Сахалинская область
	В	Высокие показатели объемов реализованных товаров обрабатывающей отрасли, инновационных товаров. Низкий уровень инвестиций в основной капитал	Московская область, Санкт-Петербург, Белгородская область, Республика Татарстан
	С	Высокие индекс потребительских цен и объем инвестиций в основной капитал. Низкие значение уровня образования и индекса человеческого развития	Алтайский край, Амурская область, Кабардино-Балкарская Республика, Чеченская Республика
Инвестиционный климат	Л (благоприятный)	Инвестиционный риск — 18%, доля в инвестиционном потенциале — 1,6%	Москва, Московская область, Санкт-Петербург
	М (средний)	Инвестиционный риск — 27%, доля в инвестиционном потенциале — 0,81%	Ненецкий автономный округ, Новгородская область, Пермский край
	Н (неблагоприятный)	Инвестиционный риск — 45%, доля в инвестиционном потенциале — 0,6%	Республика Алтай, Республика Бурятия, Республика Дагестан
Эффективность	Л (низкая)	Рентабельность — 0,036	Брянская, Владимирская, Нижегородская области
	М (средняя)	Рентабельность — 0,16	Белгородская, Московская, Калининградская области
	Н (высокая)	Рентабельность — 0,3	Москва, Вологодская, Курганская области

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring

Рисунок 1
Процедуры исследования

Figure 1
Research procedures



Источник: авторская разработка

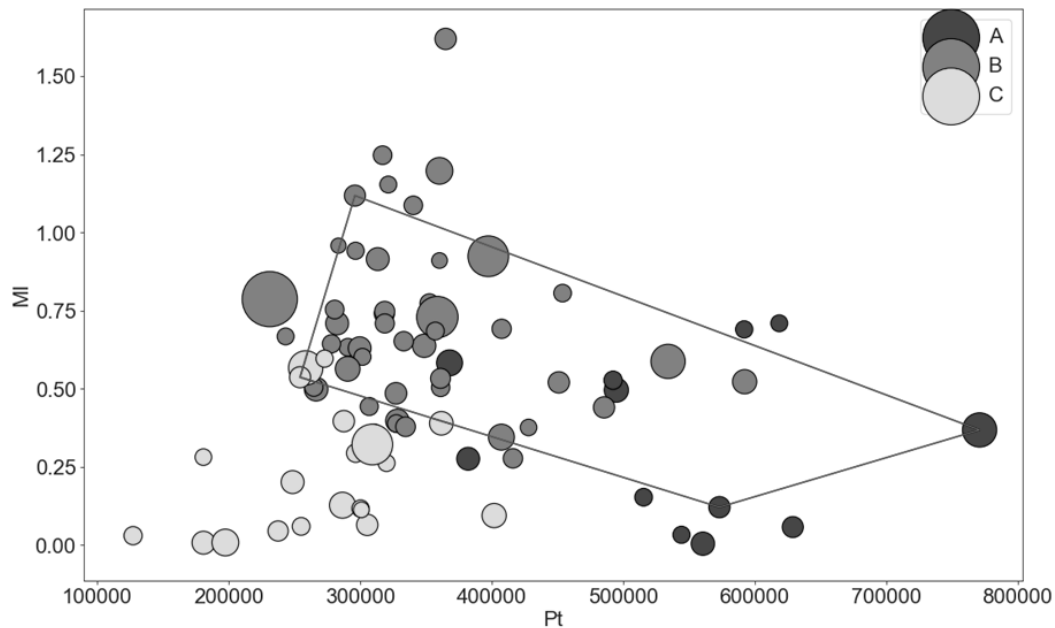
Source: Authoring

Рисунок 2

Взаимосвязь значимых переменных для определения ресурсного потенциала региона

Figure 2

The relationship of significant variables to determine the resource potential of the region



Источник: авторская разработка

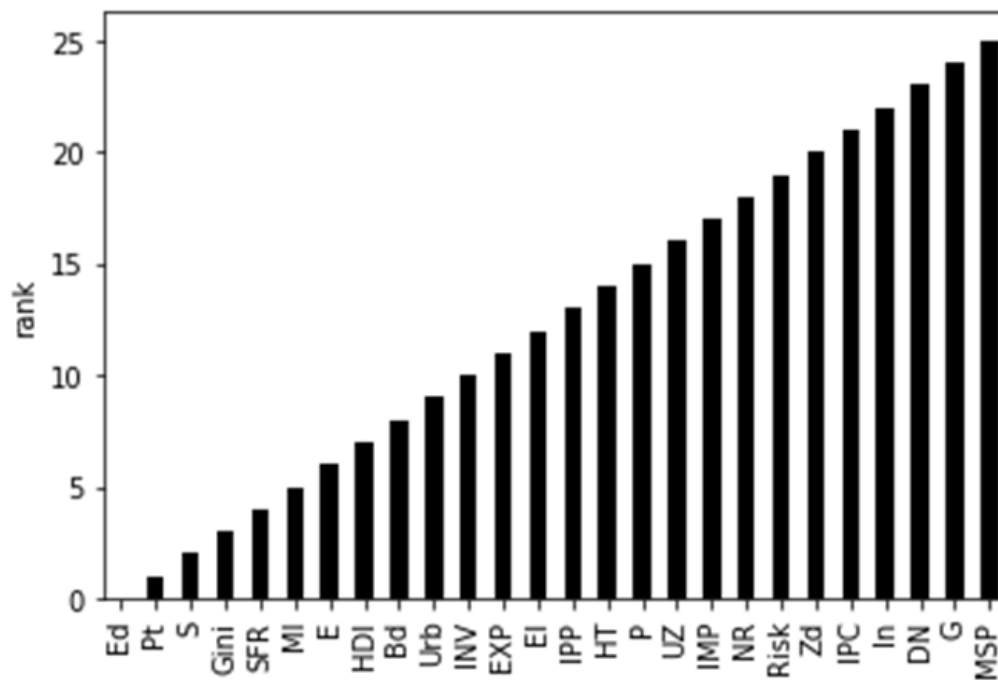
Source: Authoring

Рисунок 3

Ранжирование региональных детерминант по критерию Фишера

Figure 3

Ranking of regional determinants according to the Fisher criterion



Источник: авторская разработка

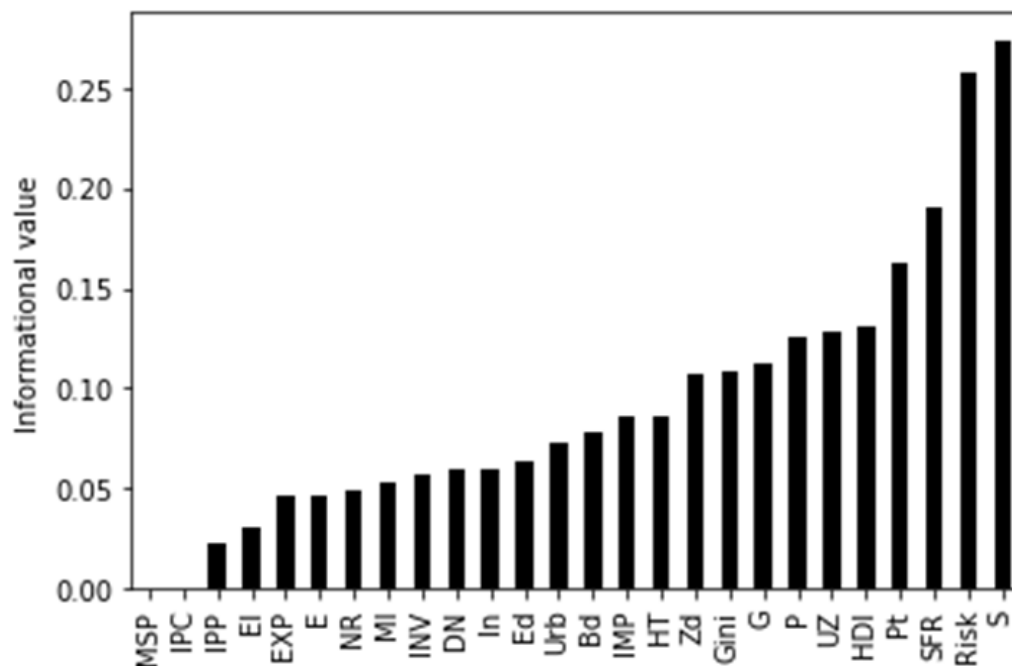
Source: Authoring

Рисунок 4

Ранжирование экономических детерминант по информационной ценности

Figure 4

Ranking of economic determinants by information value



Источник: авторская разработка

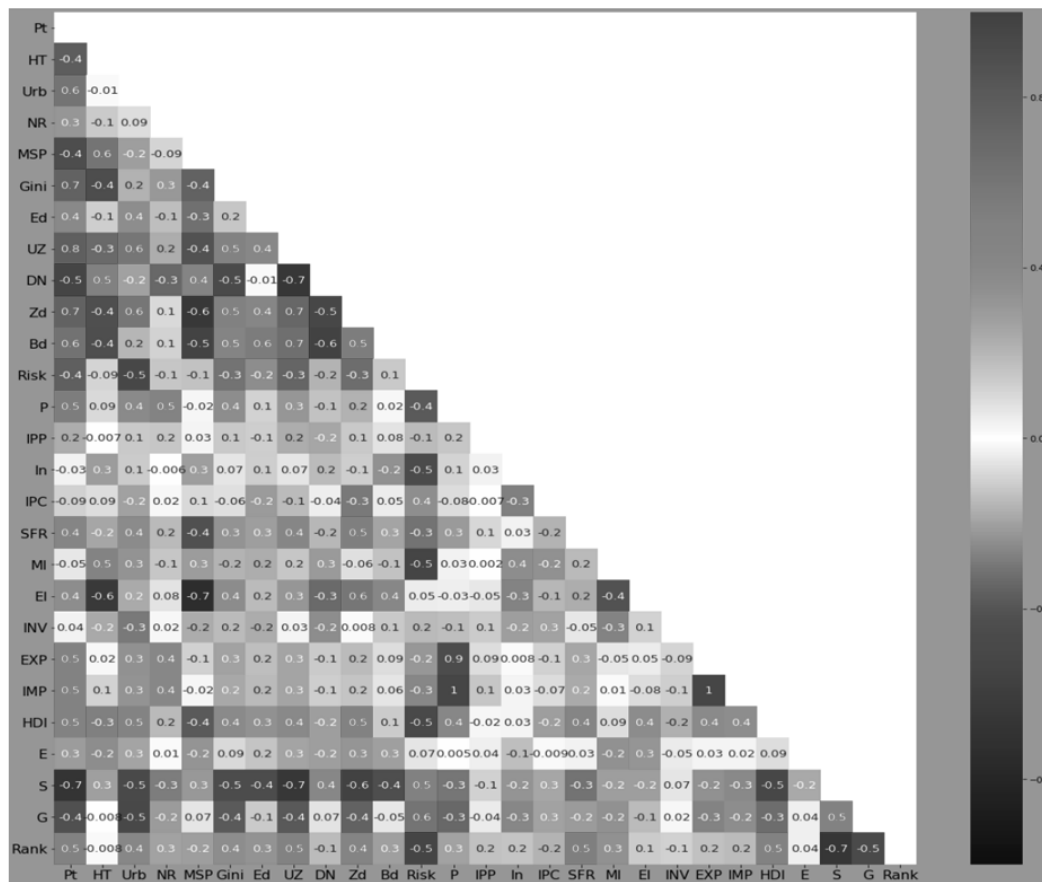
Source: Authoring

Рисунок 5

Оценка линейной взаимосвязи между региональными детерминантами экономической безопасности

Figure 5

Assessment of linear relationship between regional determinants of economic security

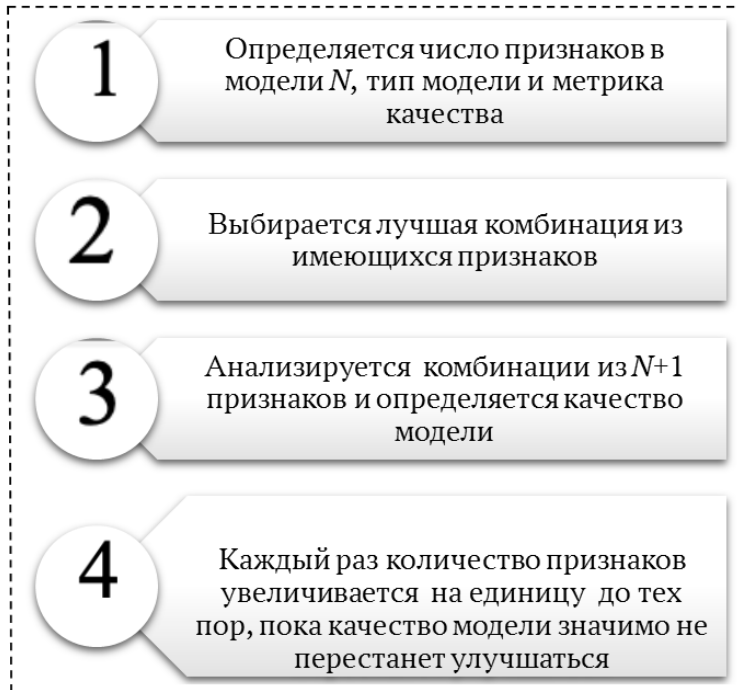


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 6
Алгоритм последовательного отбора признаков

Figure 6
Sequential Feature Selection Algorithm



Источник: авторская разработка

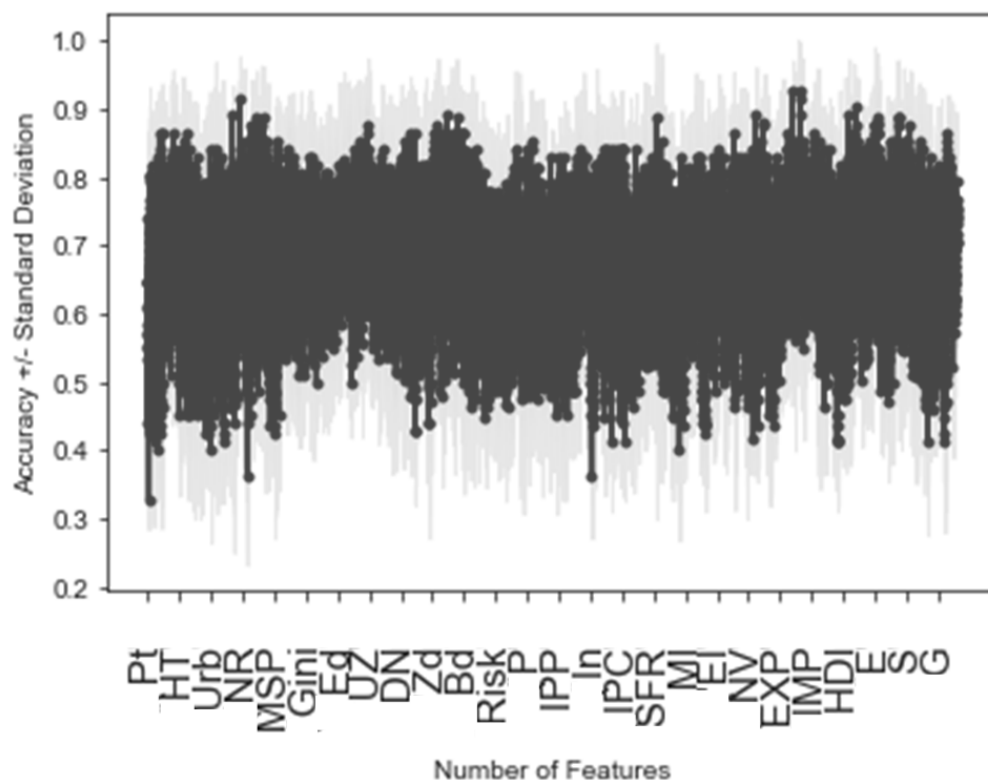
Source: Authoring

Рисунок 7

Динамика точности модели классификации регионов по уровню экономической безопасности методом k-ближайших соседей

Figure 7

Trends in the accuracy of the model for regions classification by the level of economic security using the k-Nearest Neighbors method



Источник: авторская разработка

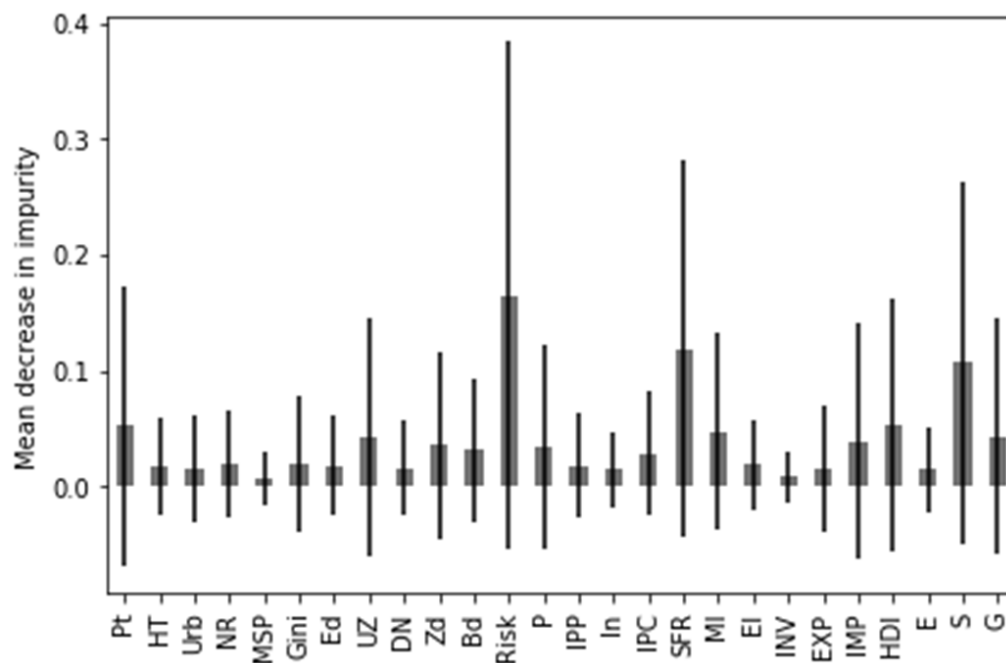
Source: Authoring

Рисунок 8

Значимость признаков для классификации регионов по уровню экономической безопасности, полученная с применением алгоритма «случайный лес»

Figure 8

Significance of features for regions classification by the level of economic security, obtained using the Random Forest algorithm



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Шутаева Е.А., Побирченко В.В.* Угрозы инвестиционной безопасности в контексте обеспечения экономической безопасности Российской Федерации // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2018. Т. 14. Вып. 8. С. 1498—1513.
URL: <https://doi.org/10.24891/ni.14.8.1498>
2. *Ножкина Е.Б.* Актуальные проблемы развития системы обеспечения инвестиционной безопасности // *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*. 2017. № 5. С. 101—103.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-razvitiya-sistemy-obespecheniya-investitsionnoy-bezopasnosti?ysclid=l8vgg8ikdr354723903>
3. *Назаров А.И.* Влияние инвестиционного климата на экономическую безопасность государства // *Экономическая безопасность*. 2019. Т. 2. № 3. С. 255—263. URL: <https://1economic.ru/lib/100656>
4. *Хадисов М.-Р.Б.* Методики оценки уровня экономической безопасности региона. Сравнительный анализ // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2015. № 33. С. 31—44.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-otsenki-urovnya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-regiona-sravnitelnyy-analiz?ysclid=l8vgnz4e7f368988250>
5. *Шаклеина М.В., Мидов А.З.* Стратегическая типологизация регионов по уровню финансовой самостоятельности // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2019. Т. 12. № 3. С. 39—54.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskaya-tipologizatsiya-regionov-po-urovnyu-finansovoy-samostoyatelnosti?ysclid=l8vgqk4wpe131621285>
6. *Губанова Е.С., Москвина О.С.* Методологические аспекты оценки инвестиционно-инновационного потенциала региона // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2020. Т. 13. № 2. С. 41—55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-aspekty-otsenki-investitsionno-innovatsionnogo-potentsiala-regiona>
7. *Малкина М.Ю., Балакин Р.В.* Налоговая система Российской Федерации и ее характеристики: монография. М.: ИНФРА-М, 2019. 127 с.
8. *Печенская М.А.* Бюджетный потенциал в системе потенциалов территории: теоретико-методологические аспекты // *Экономические*

- и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2018. Т. 11. № 5. С. 61 — 73. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/byudzhety-potentsial-v-sisteme-potentsialov-territorii-teoretiko-metodologicheskie-aspekty?ysclid=l8vgy73nk4460593996>
9. *Масленников Д.А., Митяков С.Н., Катаева Л.Ю., Федосеева Т.А.* Выявление особенностей стратегического развития регионов на основе статистического анализа индикаторов // *Экономика региона*. 2019. Т. 15. Вып. 3. С. 707 — 719. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-osobennostei-strategicheskogo-razvitiya-regionov-na-osnove-statisticheskogo-analiza-indikatorov?ysclid=l8vh0ln9h8779251683>
10. *Бекларян Г.Л.* Система поддержки принятия решений для устойчивого экономического развития Дальневосточного федерального округа // *Бизнес-информатика*. 2018. № 4. С. 66 — 75. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-dlya-ustoychivogo-ekonomicheskogo-razvitiya-dalnevostochnogo-federalnogo-okruga?ysclid=l8vh384vm146015729>
11. *Лещенко Ю.Г.* Инновационный вектор в системе экономической безопасности России // *Вопросы инновационной экономики*. 2019. Т. 9. № 2. С. 301 — 316. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyy-vektor-v-sisteme-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rossii?ysclid=l8vh6l71su278060050>
12. *Румянцев А.А.* Научно-инновационная деятельность в регионе как фактор его устойчивого экономического развития // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2018. Т. 11. № 2. С. 84 — 99. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-innovatsionnaya-deyatelnost-v-regione-kak-faktor-ego-ustoychivogo-ekonomicheskogo-razvitiya?ysclid=l8vh8q87ev199184075>
13. *Беляничев В.Г., Савдерева А.Ф.* Оценка влияния инвестиций в основной капитал на объем валового регионального продукта // *Oeconomia et Jus*. 2019. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-investitsiy-v-osnovnoy-kapital-na-obem-valovogo-regionalnogo-produkta?ysclid=l8vhk0s4f4125456422>
14. *Синельникова-Мурылева Е.В., Горшкова Т.Г., Макеева Н.В.* Прогнозирование дефолтов в российском банковском секторе // *Экономическая политика*. 2018. Т. 13. № 2.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-defoltov-v-rossiyskom-bankovskom-sektore?ysclid=l8vhm0gump653888412>

15. *Галазова С.С.* Влияние ESG-факторов на устойчивое развитие компаний и финансовую результативность корпоративного сектора // Вестник Ростовского государственного экономического университета. 2018. № 4. С. 81 — 86. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-esg-faktorov-na-ustoychivoe-razvitie-kompaniy-i-finansovuyu-rezultativnost-korporativnogo-sektora?ysclid=l8vhqyps9e803416310>
16. *Ерохин С.Д., Борисенко Б.Б., Мартишин И.Д., Фадеев А.С.* Анализ существующих методов снижения размерности входных данных // T-Comm. 2022. Т. 16. № 1. С. 30 — 37.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-metodov-snizheniya-razmernosti-vhodnyh-dannyh?ysclid=l8vhu6n169312762232>
17. *Гареев М.Ю.* Использование методов машинного обучения для прогнозирования инвестиций в России // Деньги и кредит. 2020. № 1. С. 35 — 56. URL: <https://rjmf.econs.online/2020/1/use-of-machine-learning-to-forecast-investment/?ysclid=l8vhwyg49k4093577>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю 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.

SELECTION OF REGIONAL DETERMINANTS OF ECONOMIC SECURITY

Yuliya V. GRANITSA

National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (UNN),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
ygranica@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-0304-9753>

Article history:

Article No. 384/2022
Received 11 Aug 2022
Received in revised
form 6 September 2022
Accepted 4 Oct 2022
Available online
28 December 2022

JEL classification:

C15, C38, E17, R13,
R15

Keywords: economic security, selection of economic determinants, filtration method, wrapper method, region

Abstract

Subject. The article addresses the selection of informative and significant regional determinants of economic security.

Objectives. The aim is to explore statistical and econometric tools to select regional determinants, to build economic security classifiers, using the machine learning algorithms.

Methods. The determinants are selected, using the filter-based methods (on the basis of Chi-square, F-criterion, information content criterion), sequential and recursive selection in the opposite direction, exhaustive sampling and selection based on the "random forest" classifier. The above algorithms are implemented in the Scikit-learn and MLxtend libraries. The analytical environment Jupyter Notebook is used as a system providing the execution of feature selection algorithms.

Results. I formed a training sample of 90% of the total set of regional economic determinants for 82 Russian regions. The determinants were ranked by significance. Logistic loss and model accuracy were set as a model evaluation criterion. The accuracy of created classifiers was between 78% and 93%. The paper establishes the significance of categorical variables that determine whether a particular region belongs to the resource, investment, or regional profitability cluster. The constructed heat map enabled to establish the degree of linear relationship between the level of economic security of the region and regional determinants.

Conclusions. The most significant group of panel indicators to determine the class of economic security is the resource security of regions. The level of resource endowment depends on the volume of consumption and the share of manufactured goods in the GRP. To build a model to classify regions by the economic security level, five features are sufficient; this circumstance was established by automatic set of determinants, using the recursive feature elimination algorithm with cross-validation (RFECV). The implemented wrapping methods of feature selection demonstrated that significant indicators in the model are budget expenditures and the amount of debt per capita, investment risk and net financial result. The best quality of the classifier is provided in the course of an exhaustive set of features, using the K-Nearest Neighbors algorithm.

Please cite this article as: Granitsa Yu.V. Selection of Regional Determinants of Economic Security. *Finance and Credit*, 2022, vol. 28, iss. 12, pp. 2825–2851.
<https://doi.org/10.24891/fc.28.12.2825>

Acknowledgments

The study was performed as part of State job of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project № 0729-2020-0056, *Modern Methods and Models for Diagnosing, Monitoring, Preventing and Overcoming Crisis Phenomena in the Economy in the Context of Digitalization as a Way to Ensure the Economic Security of the Russian Federation*.

References

1. Shutaeva E.A., Pobirchenko V.V. [Investment security threats from perspectives of the economic security of the Russian Federation]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2018, vol. 14, iss. 8, pp. 1498–1513. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24891/ni.14.8.1498>
2. Nozhkina E.B. [Some aspects of the system of ensuring investment security]. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo universiteta = Vestnik of Saratov State Socio-Economic University*, 2017, no. 5, pp. 101–103. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-razvitiya-sistemy-obespecheniya-investitsionnoy-bezopasnosti?ysclid=l8vgg8ikdr354723903> (In Russ.)
3. Nazarov A.I. [Influence of the investment climate on the economic security of the State]. *Ekonomicheskaya bezopasnost' = Economic Security*, 2019, vol. 2, no. 3, pp. 255–263. URL: <https://1economic.ru/lib/100656> (In Russ.)
4. Khadisov M.-R.B. [Methods for assessing the level of the region's economic security: A comparative analysis]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2015, no. 33, pp. 31–44. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodiki-otsenki-urovnya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-regiona-sravnitelnyy-analiz?ysclid=l8vgnz4e7f368988250> (In Russ.)
5. Shakleina M.V., Midov A.Z. [Strategic classification of regions according to the level of financial self-sufficiency]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2019, vol. 12, no. 3, pp. 39–54.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskaya-tipologizatsiya->

regionov-po-urovnyu-finansovoy-samostoyatelnosti?
ysclid=l8vgqk4wpe131621285 (In Russ.)

6. Gubanova E.S., Moskvina O.S. [Methodological aspects of the assessment of the investment and innovation potential of a region]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* = *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2020, vol. 13, no. 2, pp. 41–55.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologicheskie-aspekty-otsenki-investitsionno-innovatsionnogo-potentsiala-regiona> (In Russ.)
7. Malkina M.Yu., Balakin R.V. *Nalogovaya sistema Rossiiskoi Federatsii i ee kharakteristiki: monografiya* [Tax system of the Russian Federation and its characteristics: a monograph]. Moscow, INFRA-M Publ., 2019, 127 p.
8. Pechenskaya M.A. [Budget capacity in the system of capacities of the territory: Theoretical issues]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* = *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2018, vol. 11, no. 5, pp. 61–73.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/byudzhetnyy-potentsial-v-sisteme-potentsialov-territorii-teoretiko-metodologicheskie-aspekty?ysclid=l8vg73nk4460593996> (In Russ.)
9. Maslennikov D.A., Mityakov S.N., Kataeva L.Yu., Fedoseeva T.A. [Identification of the Characteristics of the Regional Strategic Development Based on the Indicators' Statistical Analysis]. *Ekonomika regiona* = *Economy of Region*, 2019, vol. 15, iss. 3, pp. 707–719.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenie-osobennostei-strategicheskogo-razvitiya-regionov-na-osnove-statisticheskogo-analiza-indikatorov?ysclid=l8vh0ln9h8779251683> (In Russ.)
10. Beklaryan G.L. [Decision support system for sustainable economic development of the Far Eastern Federal District]. *Biznes-informatika* = *Business Informatics*, 2018, no. 4, pp. 66–75.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-dlya-ustoychivogo-ekonomicheskogo-razvitiya-dalnevostochnogo-federalnogo-okruga?ysclid=l8vh384vm146015729> (In Russ.)
11. Leshchenko Yu.G. [Innovative vector in the system of economic security of Russia]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki* = *Russian Journal of Innovation Economics*, 2019, vol. 9, no. 2, pp. 301–316.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyy-vektor-v-sisteme-ekonomicheskoy-bezopasnosti-rossii?ysclid=l8vh6l71su278060050> (In Russ.)

12. Rumyantsev A.A. [Research and Innovation Activity in the Region as a Driver of Its Sustainable Economic Development]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz = Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 2018, vol. 11, no. 2, pp. 84–99.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-innovatsionnaya-deyatelnost-v-regione-kak-faktor-ego-ustoychivogo-ekonomicheskogo-razvitiya?ysclid=l8vh8q87ev199184075> (In Russ.)
13. Belyanichev V.G., Savderova A.F. [Assessment of the impact of real fixed capital formation on the volume of the gross regional product]. *Oeconomia et Jus*, 2019, no. 1. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vliyaniya-investitsiy-v-osnovnoy-kapital-na-obem-valovogo-regionalnogo-produkta?ysclid=l8vhk0s4f4125456422>
14. Sinel'nikova-Muryleva E.V., Gorshkova T.G., Makeeva N.V. [Default Forecasting in the Russian Banking Sector]. *Ekonomicheskaya politika*, 2018, vol. 13, no. 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-defoltov-v-rossiyskom-bankovskom-sektore?ysclid=l8vhm0gump653888412> (In Russ.)
15. Galazova S.S. [Influence of ESG-factors on sustainable development of companies and financial performance of corporate sector]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta = Vestnik of Rostov State University of Economics*, 2018, no. 4, pp. 81–86.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-esg-faktorov-na-ustoychivoe-razvitie-kompaniy-i-finansovuyu-rezultativnost-korporativnogo-sektora?ysclid=l8vhqyps9e803416310> (In Russ.)
16. Erokhin S.D., Borisenko B.B., Martishin I.D., Fadeev A.S. [Analysis of existing methods to reduce the dimensionality of input data]. *T-Comm*, 2022, vol. 16, no. 1, pp. 30–37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-suschestvuyuschih-metodov-snizheniya-razmernosti-vhodnyh-dannyh?ysclid=l8vhu6n169312762232> (In Russ.)
17. Gareev M.Yu. [Use of Machine Learning Methods to Forecast Investment in Russia]. *Den'gi i kredit = Russian Journal of Money & Finance*, 2020, no. 1, pp. 35–56. URL: <https://rjmf.econs.online/2020/1/use-of-machine-learning-to-forecast-investment/?ysclid=l8vhwyg49k4093577> (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

I, the author 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.