



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-97-107
УДК 338.12.017(045)
JEL E37

Выявление угроз жизнестойкости экономической системы с применением машинного обучения и пробит-модели

О.Н. Бучинская

Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Целью данной статьи является определение механизма диагностики шоков и выявление факторов, облегчающих либо усугубляющих угрозу жизнестойкости экономической системы. **Методы.** В работе применены 4 алгоритма машинного обучения: kNN, AdaBoost, Random Forest и MLP Neural Network, а также с помощью пробит-модели проведен эконометрический анализ. **В результате** исследования у алгоритмов AdaBoost и Random Forest выявлены хорошие способности по диагностированию шоков. Обнаружены факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на повышение и понижение вероятности шока. **Практическая значимость** состоит в том, что результаты данной работы могут быть использованы для диагностики жизнестойкости территорий, а также для разработки моделей прогнозирования устойчивости экономических систем.

Ключевые слова: жизнестойкость территорий; экономические шоки; диагностика шокового воздействия; машинное обучение; пробит-модель; цифровизация экономических исследований

Для цитирования: Бучинская О.Н. Выявление угроз жизнестойкости экономической системы с применением машинного обучения и пробит-модели. *Мир новой экономики*. 2026;20(2):97-107. DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-97-107

ORIGINAL PAPER

Identification of Threats to the Resilience of an Economic System Using Machine Learning and Probit Model

O.N. Buchinskaia

Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russian Federation

ABSTRACT

The **purpose** of this article is to identify the mechanism of shock diagnosis and to identify factors that facilitate or exacerbate the threat to resilience of economic system. **Methodology** is based on the data for 1993–1923 from 60 countries, four machine learning algorithms to diagnose shocks (kNN, AdaBoost, Random Forest, and MLP Neural Network). Econometric analysis was accomplished using a probit model. As a **result**, the research has revealed strong diagnostic abilities of AdaBoost and Random Forest algorithms for diagnosing shocks. It has also identified the influence of the studied factors on the strengthening or mitigation of the probability of a shock. **Practical significance:** the results of this study can be used to diagnose the resilience of territories, as well as to develop models for predicting the resilience of economic systems and developing machine tools for analysing the resilience of territories.

Keywords: territorial resilience; economic shocks; shock diagnostics; machine learning; probit model; digitalisation of economic research

For citation: Buchinskaia O.N. Identification of threats to the resilience of an economic system using machine learning and probit model. *The World of New Economy*. 2026;20(2):97-107. DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-97-107

ВВЕДЕНИЕ

С учетом нарастания шоковых воздействий на экономику как отдельных стран, так и всего мира, жизнестойкость территорий, под которой понимается способность к восстановлению после прекращения внешнего воздействия, становится особенно важной [1]. В связи с этим появляется все больше исследований, где анализируются источники шокового воздействия, их глубина, механизмы распространения [2, 3] и возможности предсказания [4, 5], а также определяется скорость восстановления социально экономических систем [8, 9]. Много говорится о мониторинге жизнестойкости социально-экономических систем [10] и факторах, оказывающих прямое шоковое воздействие на них. При этом побочным факторам, способным увеличить или уменьшить тяжесть шокового воздействия на систему и, соответственно, влиять на скорость ее восстановления, уделяется мало внимания. Данная работа призвана восполнить этот пробел.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Можно выделить два направления исследования мониторинга жизнестойкости:

- расчет и анализ динамики ВВП (ВРП), выпуска ряда компонентов экономической деятельности, которые направлены непосредственно на обнаружение глубины шокового воздействия и скорости восстановления экономики;
- расчет индексов с достаточно большим числом переменных, которые охватывают различные аспекты жизнедеятельности территории и могут оказать влияние на ее жизнестойкость.

К первому следует отнести однофакторные модели динамики ВРП Г. Сонга и др. [11], а также динамики выпуска Л. Ли и др. [12]. К. Фостер для определения уровня и качества жизнестойкости использует отклонения в уровне населения, безработице, доходе на душу населения и бедности [13]. Н. Понтаролло и К. Серпиери предлагают трехкомпонентный анализ, учитывающий ВВП на душу населения и уровень занятости и ВВП на одного работника, характеризующий производительность труда [14].

Ко второму направлению можно причислить работу Д. Алесси и др., где авторы анализируют влияние косвенных факторов путем вычисления совместной динамической реакции на основе 34 показателей [15]. Выпущенный Евросоюзом дашборд включает 124 показателя, которые разбиты на 2 целевые подгруппы: препятствующие и способствующие жизнестойкости [16]. Индекс

Global FM рассматривает данный показатель на уровне стран мира по переменным, относящимся к макроэкономической и политической средам, рискам потерь качества и надежности цепочки поставок¹. Существуют попытки адаптации этого индекса для стран, не участвующих в международном мониторинге [17].

Исходя из вышесказанного, можно заключить, что единого мнения и каких-то общих подходов к мониторингу жизнестойкости в экономической науке в настоящий момент не сложилось. Особенности двух подходов представлены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что у обоих подходов имеются существенные недостатки. Кроме того, при анализе индексных моделей можно заключить, что они, несмотря на большое количество показателей, отличаются субъективизмом. Это, во-первых, связано с наличием значительного числа переменных, определяемых экспертно. Во-вторых, количество подындексов также ограничено интересами исследователей и позволяет рассмотреть только определенные аспекты. В-третьих, недостаточное внимание уделяется проблеме влияния цифровизации на жизнестойкость территории — вне проблемы кибербезопасности она отражена только в рамках европейского дашборда.

Вопрос о прогнозировании жизнестойкости пока еще остается открытым: одни исследователи говорят о необходимости постоянного мониторинга рисков шокоустойчивости [18], а другие замечают, что существующие средства обработки информации не позволяют фиксировать моменты перехода системы в неустойчивое состояние [5, 19], что пока делает невозможным точное предсказание кризисов.

С точки зрения обнаружения предикторов угрозы жизнестойкости можно выделить следующие подходы: эконометрический и на основе машинного обучения. Так, Е. Федорова и И. Лукасевич посредством пробит-модели прогнозируют вероятность финансовых кризисов в странах СНГ, учитывая показатель индекса давления на валютный рынок [20]. Ф. Пиерри и др. для анализа жизнестойкости итальянских муниципалитетов в период кризиса, вызванного пандемией COVID-19, используют алгоритмы машинного обучения [21]. Данный метод применяется для сельских территорий [22], продуктовой безопасности [23], а также на глобальном уровне, когда дело касается финан-

¹ URL: http://cdn-anra.procne.it/Partner/FMGlobalResilienceIndex_2023.pdf



Таблица 1 / Table 1

Сводный анализ подходов к исследованию жизнестойкости в конкурентном экономическом пространстве / Summary Analysis of Approaches to the Study of Resilience in a Competitive Economic Space

Характеристика модели	Модель динамики показателя	Индексная модель
Количество переменных	От одной до нескольких	Значительное количество
Возможность экспресс-оценки	Да	Нет
Горизонт времени	Значительный	Незначительный
Возможность многостороннего анализа жизнестойкости	Нет	Да
Предсказательная возможность	Нет	Нет
Методика расчета	Неизменная	Изменяемая
Сравнимость	Сильная	Слабая
Объективность	Слабая из-за отсутствия влияющих факторов	Слабая из-за несогласованности факторов и наличия субъективных экспертных оценок

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

совых кризисов [24]. Однако необходимо заметить, что для алгоритмов машинного обучения важно количество данных, а их предсказания во многом основаны на анализе текущей ситуации, что делает экстраполяцию затруднительной.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Смещение траектории экономического развития может происходить под влиянием множества причин как внутреннего, так и внешнего характера, включая технологические инновации, изменения институтов, а также наличие экзогенных факторов, оказывающих существенное воздействие на экономическое и социальное поведение акторов. В анализируемом нами периоде — 1999–2023 гг. — были рассмотрены экономические показатели 60 стран Европы, Азии, Африки, Северной и Латинской Америки. К глобальным событиям, сильно повлиявшим на траекторию развития, можно отнести мировой финансовый кризис 2008 г. и пандемию COVID-19. Однако существуют и локальные явления, например, санкционное давление на Россию в 2014 и 2022 гг., которое негативно сказалось на самих странах, которые ввели санкции. Исходя из анализа динамики экономических показателей, мы попытались определить возможность предсказания точек отклонения от тренда развития и факторы, влияющие на них. Для решения дан-

ной задачи использовались два метода: алгоритмы классификации (табл. 2) и эконометрический анализ с применением бинарной пробит-модели.

Возможность угрозы жизнестойкости была закодирована в качестве бинарной переменной Shock, где «1» означало наличие шока, а «0» — его отсутствие. В качестве переменных, используемых для диагностики, выступали: ежегодный прирост ВВП, добавленная стоимость промышленного производства (% от ВВП), государственная задолженность (% от ВВП), валовое сбережение (% от ВВП), конечное потребление (% от ВВП), ВВП на душу населения (в текущих долл. США), приток прямых иностранных инвестиций — ПИИ (% от ВВП), компьютерные, коммуникационные и другие услуги (% от всех экспортируемых коммерческих услуг), экспорт и импорт товаров в сфере ИКТ (% от общего объема экспорта товаров), экспорт продуктов (% от товарного экспорта), минеральная рента (% от ВВП), использование кредита МВФ (в текущих долл. США), количество отделений коммерческих банков в расчете на 100 тыс. взрослых. Отбор происходил посредством удаления малозначимых переменных, не ухудшающих предсказательные возможности модели.

Поскольку методы машинного обучения успешно классифицируют вероятность события на основе имеющихся данных, но при этом не позволяют

Таблица 2 / Table 2

Использованные в исследовании алгоритмы классификации / Classification Algorithms Used in the Study

Алгоритм классификации	Авторы	Основная характеристика
kNN	Т. Ковер, П. Харт [25]	Основан на гипотезе компактности, предполагающей, что расположенные близко друг к другу объекты в пространстве признаков имеют схожие значения целевой переменной или принадлежат к одному классу
Ada Boost	Й. Фреунд, Р. Шапир, Н. Абэ [26]	Создается ансамбль нескольких слабых классификаторов, которые объединяются во взвешенную сумму, формирующую окончательный результат расширенного классификатора
Random forest	Дж. Куинлан [27]	Создается множество деревьев решений, которые используются для предсказания классов объектов. Каждое дерево строится на случайных подмножествах обучающих данных и признаков
MLP Neural Network	Д. Рукк, С. Роджерс, М. Кабриски [28]	На каждом слое происходит сравнение предсказания с реальными данными, производится корректировка весов для минимизации ошибки предсказания

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

экстраполировать результаты на будущие периоды и установить конкретные параметры, которые влияют на жизнестойкость системы, следующим этапом исследования стало применение модели, обладающей меньшей предсказательной силой, но при этом позволяющей оценить влияние на жизнестойкость конкретных переменных. С этой целью нами была выбрана пробит-модель, в которой для описания вероятности наступления события используется функция стандартного нормального распределения. Однако это касается случайных ошибок: подразумевается, что скрытая переменная «подчиняется» стандартному нормальному распределению [29, 30], что допускает возможность исследования с помощью пробит-модели временных рядов показателей, не относящихся к такому распределению.

Формула пробит-модели выглядит следующим образом:

$$\Pr(\text{Shock} = 1|X) = F(b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n),$$

где Shock — зависимая переменная, представляющая вероятность наступления кризиса, определяющего точку прерывания тренда и начала шоковых процессов (следовательно, Shock = 1 при заданных переменных X_i); $b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$ — коэффициенты, представляющие влияние каждой независимой переменной $X_1, X_2, \dots, X_n$ на вероятность бинарного исхода; $X_1, X_2, \dots, X_n$ — независимые переменные, которые влияют на вероятность бинарного исхода; n — количество переменных.

Применение пробит-модели нельзя назвать новым подходом: он применялся еще в 1998 г. при попытке определить детерминанты банковских кризисов [31]. Однако его авторы использовали преимущественно макроэкономические, монетарные и институциональные переменные. Наше исследование построено на изучении влияния технической составляющей (включающей производство и торговлю ИКТ товарами и услугами), а также задолженности и взаимозависимости стран на вероятность наступления и глубину кризиса.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Попытку обнаружения угроз жизнестойкости посредством использования средств машинного обучения в целом можно назвать успешной. Параметры оценки точности прогнозирования шоков приведены в табл. 3.

Показатель AUC-ROC демонстрирует отношение процента истинно положительных результатов к ложноположительным. Аккуратность классификации — доля правильных классификаций модели. F1-метрика объединяет информацию о точности и полноте: точность равна доле истинно положительных классификаций от общего числа положительных классификаций, а полнота определяется как доля истинно положительных классификаций от общего числа положительных наблюдений. MCC — коэффициент корреляции между фактическими и предсказанными моделью бинарными классификациями. Специфичность — доля истинно отрицательных классификаций в общем числе

Таблица 3 / Table 3

**Показатели качества моделей в предсказании шоков по фактическим данным /
Indicators of Model Quality in Predicting Shocks Based on Actual Data**

Модель / параметр	AUC-ROC	Аккуратность классификации	F1-метрика	Точность	Полнота	MCC	Специфичность	Потери
kNN	0,813	0,829	0,778	0,806	0,829	0,243	0,286	0,349
Random Forest	1,000	0,995	0,995	0,995	0,995	0,985	0,980	0,116
AdaBoost	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,127
MLP Neural Network	0,706	0,837	0,789	0,831	0,837	0,303	0,307	0,427

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

отрицательных классификаций. Функция потерь логистической регрессии измеряет степень расхождения прогнозируемой вероятности с фактической меткой. Матрица ошибок предсказаний для каждой модели представлена на рисунке.

Как видно из табл. 3 и рисунка, абсолютную точность в предсказаниях демонстрирует алгоритм AdaBoost; Random Forest допустил 0,6% ложноотрицательных предсказаний. При этом KNN и нейронная сеть дали менее точные прогнозы со значительным количеством ложных предсказаний.

Исходя из результатов анализа, можно сделать вывод об эффективности использования алгоритмов, построенных на ансамблевых методах, для диагностики шоков жизнестойкости. Однако специфика таких методов, по сути, состоит в под-

гонке критериев для правильной классификации, и поэтому однозначная интерпретация того, как выбранные критерии влияют на жизнестойкость страны, в настоящий момент слабо реализуема.

В связи с этим рассмотрим результаты пробит-модели (табл. 4). Для проверки ее качества с помощью стандартных статистических процедур были рассчитаны значения LR-теста и R^2 . LR-тест (74,0294) показывает, насколько модель в целом значительно отличается от нулевой гипотезы (когда все коэффициенты при объясняющих переменных равны нулю). Значение R^2 (0,59) говорит о наличии средней связи между объясняющими и зависимой переменной. Модель продемонстрировала 95,8% предсказательной способности при отсутствии лагов, что позволяет с достаточной уверенностью

kNN		0 1	
0	83.4 %	32.1 %	
	16.6 %	67.9 %	
Random Forest		0 1	
0	99.4 %	0.0 %	
	0.6 %	100.0 %	
AdaBoost		0 1	
0	100.0 %	0.0 %	
	0.0 %	100.0 %	
MLP Neural Network		0 1	
0	83.9 %	20.4 %	
	16.1 %	79.6 %	

**Рис. / Fig. Матрица ошибок предсказаний угроз жизнестойкости /
Matrix of Errors in Predicting Threats to Resilience**

Источник / Source: составлено автором / compiled by the author.

Примечание / Note: процент верных предсказаний — диагональ 0–0 и 1–1, ложноположительных — 0–1, ложноотрицательных — 1–0 / the percentage of correct predictions is the diagonal 0–0 and 1–1, false positive indices range 0–1, false negative indices range 1–0.

Таблица 4 / Table 4

**Результаты пробит-модели оценки угрозы жизнестойкости /
Results of the Probit Model for Assessing the Treat to Resilience**

Показатель	Коэффициент	Предельный эффект	p-значимость
Константа	-58,6511		<0,0001
Прирост ВВП, % в год	-0,4992	-0,0015	<0,0001
Добавленная стоимость промышленного производства, % от ВВП	0,9254	0,0029	<0,0001
Государственная задолженность, % от ВВП	0,034	0,0001	0,0323
Валовое сбережение, % от ВВП	0,2859	0,0009	0,0009
Конечное потребление, % от ВВП	0,3612	0,0011	<0,0001
ВВП на душу населения, в текущих долл. США	0,0003	8,0714e-07	0,0090
Приток ПИИ, % от ВВП	0,2523	0,0008	0,0136
Компьютерные, коммуникационные и другие услуги, в % от всех экспортируемых коммерческих услуг	0,0503	0,0002	0,0441
Экспорт товаров в сфере ИКТ, % от общего объема экспорта товаров	-0,6083	-0,0019	<0,0001
Импорт товаров в сфере ИКТ, % от общего объема импорта товаров	0,2535	0,0008	0,0006
Экспорт продуктов, % от товарного экспорта	-0,155	-0,0005	0,0021
Минеральная рента, % от ВВП	0,789	0,0024	<0,0001
Использование кредита МВФ в текущих долл. США	-2,77e-10	-8,589e-13	0,0651
Количество отделений коммерческих банков в расчете на 100 тыс. взрослых	0,3062	0,0009	<0,0001

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

говорить о наличии смещения с траектории развития. Однако включение лагов привело к ухудшению качества, поэтому можно заключить, что она наиболее эффективна при использовании текущих данных. Это объясняется тем, что ряд шоков (таких, как санкции или пандемия) не имели закономерных изменений в данных, обуславливающих их наступление (как это происходит с циклами). Результаты приведенной модели могут быть использованы для определения направления и глубины влияния исследуемых переменных на жизнестойкость системы.

Особенностью пробит-моделей является то, что коэффициенты в них отражают не глубину влияния переменной на вероятность шока, а ее воздействие на скрытую переменную. При положительном значении коэффициента скрытая переменная воз-

растает, что свидетельствует об увеличении вероятности шока, а при отрицательном — уменьшается, и, соответственно, снижается вероятность угрозы жизнестойкости системы. При этом существует предельный коэффициент, который показывает процентное увеличение вероятности шока при изменении переменной на 1 единицу.

Прирост ВВП на 1% снижает такую вероятность на 0,15%, но увеличение добавленной стоимости промышленного производства увеличивает ее на 0,2%. Это может быть связано с сильной зависимостью последнего от международной торговли, а также с последствиями санкционного воздействия и закрытием границ в условиях пандемии COVID-19.

Каждый процент прироста государственного долга увеличивает вероятность угрозы жизнестойкости на

0,01%, а рост доли валового сбережения — на 0,089%, что может быть связано с дисбалансом, когда сбережения не переходят в инвестиции, а «выпадают» из экономики, а это чревато снижением процентных ставок и формированием пузырей на рынках активов; увеличение потребления (на 0,1%), если оно избыточное, связано с ростом долговой нагрузки на население или его зависимости от импорта зарубежных товаров.

Увеличение ВВП на душу населения — также значимая переменная (хотя сила ее воздействия на жизнестойкость системы незначительна). Оно происходит неравномерно, увеличивая степень неравенства в обществе, что приводит к избыточным потреблению [32] и сбережению [33].

Рост притока прямых иностранных инвестиций на 1% от ВВП увеличивает риски на 0,078%. Это подтверждают выводы Л. Царевой о негативном влиянии ПИИ, включающем зависимость от контролируемых инвесторами поставщиков, утечку технологий, возможность контроля иностранными инвесторами товаров и услуг, значимых для функционирования национальной экономики и т.д. [34]. При этом использование кредитов МВФ снижает вероятность угроз жизнестойкости на 8,589е — 11% на каждый доллар кредита. Однако это воздействие нивелируется отрицательным влиянием государственной задолженности и поэтому может не рассматриваться как положительный фактор.

Каждый процент экспорта продуктов снижает уязвимость страны на 0,005%, поскольку цены на агропромышленную продукцию в периоды шоков, вызванных как внутренними, так и внешними причинами, существенно возрастают [35, 36], принося стране денежные средства, позволяющие облегчить экономическое положение.

Аналогично, каждый дополнительный процент экспорта информационно-коммуникационных технологий снижает угрозу жизнестойкости на 0,18%. В то же время увеличение импорта делают страну более зависимой и уязвимой к неблагоприятным внешним воздействиям, что сказывается на возрастании вероятности угрозы жизнестойкости на 0,079% на каждый дополнительный процент импорта ИКТ. При этом, однако, рост доли экспорта коммуникационных услуг в общей массе экспортируемых услуг снижает жизнестойкость на 0,016%. Данный результат достаточно парадоксален, учитывая важность данных услуг и их популярность в период пандемии COVID-19. Это возможно объяснить введением регулирования в сфере электронных коммуникаций и развитием национальных коммуникационных систем.

Минеральная рента отрицательно влияет на жизнестойкость, так как доходы экономических агентов снижаются в период рецессии, что наблюдалось в каждом из рассматриваемых кризисных периодов. Резкое снижение цен приводит к уменьшению минеральной ренты, повышая вероятность кризиса на 0,024% на ее каждый дополнительный процент относительно величины ВВП.

Наименее очевидным показателем угрозы жизнестойкости системы является количество отделений коммерческих банков. В данном случае этот показатель — не прямая угроза, а индикатор развития финансовой системы страны. В результате накопленных в банковской системе рыночных рисков и противоречий, связанных с закредитованностью населения, формированием ипотечных и финансовых пузырей и т.д., появляются импульсы, оказывающие дестабилизирующее воздействие на национальные экономики и усугубляющие угрозу жизнестойкости на 0,095%.

ВЫВОДЫ

В настоящей работе рассмотрена возможность выявления угроз жизнестойкости системы с применением методов машинного обучения, а также эконометрического инструментария в виде пробит-модели. Результаты исследования показали, что некоторые алгоритмы машинного обучения способны правильно классифицировать шоки, исходя из представленных данных. При этом наилучшей классифицирующей способностью обладают ансамблевые алгоритмы (AdaBoost и Random Forest), показывающие достаточно точные результаты. Необходимо, однако, отметить, что их использование имеет следующие особенности:

- работа обоих алгоритмов основана на объединении большого количества слабых моделей в одну сильную;
- алгоритмы требовательны к количеству данных для обучения, ввиду чего при снижении количества наблюдений качество предсказаний заметно снижается;
- при хорошей классификации кризисных и некризисных периодов вопрос применения алгоритмов машинного обучения для прогнозирования будущих шоков остается открытым;
- для качества моделей важным является корректное указание кризисных и некризисных периодов;
- ввиду ансамблевого подхода затруднен анализ и интерпретация влияния исследуемых показателей на угрозу жизнестойкости.

Анализируя показатели модели, можно заметить, что их большая часть — не абсолютные, а относительные величины. Это облегчает задачу классификации, так как в периоды шока пропорции показателей у различных стран меняются примерно одинаково.

Пробит-модель обеспечивает большую прозрачность, хотя и меньшую достоверность. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшее влияние на уязвимость экономики оказывают промышленное производство, минеральная рента и конечное потребление, при этом увеличение доли экспорта продовольствия и товаров в сфере ИКТ, а также собственно прирост ВВП снижают риски.

Необходимо, однако, отметить, что исследуемые переменные — элементы, ослабляющие или усугубляющие шоки, но не основная их причина, так как они оказывают сравнительно небольшое воздействие на вероятность кризиса. Конкретные факторы, выступающие источником шоков, достаточно разнообразны и поэтому не учитывались в модели.

Результаты работы могут быть использованы для диагностики, анализа моделей укрепления и прогнозирования жизнестойкости территорий — как на международном, так и национальном, и региональном уровнях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Важенин С.Г., Важенина И.С. Жизнестойкость территорий в конкурентном экономическом пространстве. *Регион: экономика и социология*. 2015;(2):175-199. DOI: 10.15372/REG20150609
2. Basu S., Taylor A.M. Business cycles in international historical perspective. *Journal of Economic Perspectives*. 1999;13(2):45-68. DOI: 10.1257/jep.13.2.45
3. Lee D. Transmission of domestic and external shocks through input-output network: Evidence from Korean industries. IMF Working Paper. 2019;(117). URL: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/WP/2019/WPIEA2019117.ashx>
4. Rossi B. Forecasting in the presence of instabilities: How we know whether models predict well and how to improve them. *Journal of Economic Literature*. 2021;59(4):1135-1190. DOI: 10.1257/jel.20201479
5. Drautzburg T. Why are recessions so hard to predict? Random shocks and business cycles. *Economic Insights*. 2019;4(1):1-8. URL: <https://www.philadelphiafed.org/-/media/frbp/assets/economy/articles/economic-insights/2019/q1/eiq119.pdf>
6. Briguglio L.P. Exposure to external shocks and economic resilience of countries: Evidence from global indicators. *Journal of Economic Studies*. 2016;43(6):1057-1078. DOI: 10.1108/JES-12-2014-0203
7. Jermann U., Quadrini V. Macroeconomic effects of financial shocks. *American Economic Review*. 2012;102(1):238-271. DOI: 10.1257/aer.102.1.238
8. Soufi H.R., Esfahanipour A., Shirazi M.A. A quantitative approach for analysis of macroeconomic resilience due to socio-economic shocks. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2022;79:101101. DOI: 10.1016/j.seps.2021.101101
9. Bruneckiene J., Pekarskiene I., Palekiene O., Simanaviciene Z. An assessment of socio-economic systems' resilience to economic shocks: The case of Lithuanian regions. *Sustainability*. 2019;11(3):566. DOI: 10.3390/su11030566
10. Иванов П.А. К вопросу о методике экспресс-оценки устойчивости экономики территорий к внешним шокам. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2022;(6-1):172-175. DOI: 10.24412/2411-0450-2022-6-1-172-175
11. Song G., Zhong S., Song L. Spatial pattern evolution characteristics and influencing factors in county economic resilience in China. *Sustainability*. 2022;14(14):8703. DOI: 10.3390/su14148703
12. Li L., Zhang P., Li X. Regional economic resilience of the old industrial bases in China — A case study of Liaoning Province. *Sustainability*. 2019;11(3):723. DOI: 10.3390/su11030723
13. Foster K.A. A case study approach to understanding regional resilience. University of California, Institute of Urban and Regional Development Working Paper. 2007;(8). URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/59413/1/592535347.pdf>
14. Pontarollo N., Serpieri C. A composite policy tool to measure territorial resilience capacity. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2020;70:100669. DOI: 10.1016/j.seps.2018.11.006
15. Alessi L., Benczur P., Campolongo F., et al. The resilience of EU member states to the financial and economic crisis. *Social Indicators Research*. 2020;148(2):569-598. DOI: 10.1007/s11205-019-02200-1
16. Benczur P., Cariboni J., Joossens E., et al. Monitoring resilience in the EU. Luxembourg: European Union; 2023. 70 p. DOI: 10.2760/63111

17. Высоцкий С.Ю. Методика статистической оценки индекса резильентности территорий. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D. Экономические и юридические науки*. 2023;(1):16-20. DOI: 10.52928/2070-1632-2023-63-1-16-20
18. Жихаревич Б.С., Климанов В.В., Марача В.Г. Шокоустойчивость территории: концепция, измерение, управление. *Региональные исследования*. 2020;(3):4-15. DOI: 10.5922/1994-5280-2020-3-1
19. Никоноров С.М., Кривичев А.И., Насонов А.Н., Цветков И.В. Методика оценки и ранжирования социально-экономического развития моногородов на основе многофакторного анализа фрактальных показателей. *Регионология*. 2024;32(2):326-344. DOI: 10.15507/2413-1407.127.032.202402.326-344
20. Фёдорова Е.А., Лукасевич И.Я. Прогнозирование финансовых кризисов с помощью экономических индикаторов в странах СНГ. *Проблемы прогнозирования*. 2012;(2):112-122.
21. Pierri F., Scotti F., Bonaccorsi G., Flori A., Pammolli F. Predicting economic resilience of territories in Italy during the COVID-19 first lockdown. *Expert Systems with Applications*. 2023;232:120803. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.120803
22. Du S., Xu Y., Wang L. Predicting economic resilience: A machine learning approach to rural development. *Alexandria Engineering Journal*. 2025;121:193-200. DOI: 10.1016/j.aej.2025.02.049
23. Villacis A.H., Badruddoza S., Mishra A.K. A machine learning-based exploration of resilience and food security. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2024;46(4):1479-1505. DOI: 10.1002/aepp.13475
24. Poonia R.C., Prabu P., Maheshwari A., Malhotra A., Gupta V. AI enhanced global economic resilience: Predicting and mitigating financial crises. In: Kumar S., Hiranwal S., Garg R., Purohit S., eds. *Proc. Int. conf. on communication and computational technologies (ICCCT 2024)*. Singapore: Springer; 2024:267-279. (Lecture notes in networks and systems. Vol. 1122). DOI: 10.1007/978-981-97-7426-5_20
25. Cover T., Hart P. Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1967;13(1):21-27. DOI: 10.1109/TIT.1967.1053964
26. Freund Y., Schapire R. A short introduction to boosting. *Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence*. 1999;14(5):771-780. URL: <https://cseweb.ucsd.edu/~yfreund/papers/IntroToBoosting.pdf>
27. Quinlan J.R. Induction of decision trees. *Machine Learning*. 1986;1(1):81-106. DOI: 10.1007/BF00116251
28. Ruck D.W., Rogers S.K., Kabrisky M. Feature selection using a multilayer perceptron. *Journal of Neural Network Computing*. 1990;2(2):40-48. URL: https://www.researchgate.net/publication/2430790_Feature_Selection_Using_a_Multilayer_Perceptron
29. Train K.E. *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge: Cambridge University Press; 2009. 400 p. DOI: 10.1017/CBO9780511805271
30. Wooldridge J.M. *Econometric analysis of cross section and panel data*. Cambridge, MA: The MIT Press; 2010. 741 p.
31. Demirgüç-Kunt A., Detragiache E. The determinants of banking crises in developing and developed countries. *IMF Staff Papers*. 1998;45(1):81-109. DOI: 10.2307/3867330
32. Sheng L., Zhang Z. Revisiting global imbalances: A comparative analysis of income and consumption inequality. *Economics & Politics*. 2022;34(2):382-390. DOI: 10.1111/ecpo.12202
33. Aladangady A., Cho D., Feiveson L., Pinto E. Excess savings during the COVID-19 pandemic. *FEDS Notes*. October 21, 2022. DOI: 10.17016/2380-7172.3223
34. Царева Л.В. Контроль прямых иностранных инвестиций как современная тенденция инвестиционного законодательства. *Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения*. 2021;17(5):94-103. DOI: 10.12737/jflcl.2021.056
35. Abbott P., Borot de Battisti A. Recent global food price shocks: Causes, consequences and lessons for African governments and donors. *Journal of African Economies*. 2011;20(S1): i12-i62. DOI: 10.1093/jae/ejr007
36. Laborde D., Martin W., Vos R. Impacts of COVID-19 on global poverty, food security, and diets: Insights from global model scenario analysis. *Agricultural Economics*. 2021;52(3):375-390. DOI: 10.1111/agec.12624

REFERENCES

1. Vazhenin S. G., Vazhenina I. S. Resilience of territories in a competitive economic environment. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*. 2015;(2):175-199. (In Russ.). DOI: 10.15372/REG20150609
2. Basu S., Taylor A. M. Business cycles in international historical perspective. *Journal of Economic Perspectives*. 1999;13(2):45-68. DOI: 10.1257/jep.13.2.45

3. Lee D. Transmission of domestic and external shocks through input-output network: Evidence from Korean industries. IMF Working Paper. 2019;(117). URL: <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/WP/2019/WPIEA2019117.ashx>
4. Rossi B. Forecasting in the presence of instabilities: How we know whether models predict well and how to improve them. *Journal of Economic Literature*. 2021;59(4):1135-1190. DOI: 10.1257/jel.20201479
5. Drautzburg T. Why are recessions so hard to predict? Random shocks and business cycles. *Economic Insights*. 2019;4(1):1-8. URL: <https://www.philadelphiafed.org/-/media/frbp/assets/economy/articles/economic-insights/2019/q1/eiq119.pdf>
6. Briguglio L.P. Exposure to external shocks and economic resilience of countries: Evidence from global indicators. *Journal of Economic Studies*. 2016;43(6):1057-1078. DOI: 10.1108/JES-12-2014-0203
7. Jermann U., Quadrini V. Macroeconomic effects of financial shocks. *American Economic Review*. 2012;102(1):238-271. DOI: 10.1257/aer.102.1.238
8. Soufi H.R., Esfahanipour A., Shirazi M.A. A quantitative approach for analysis of macroeconomic resilience due to socio-economic shocks. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2022;79:101101. DOI: 10.1016/j.seps.2021.101101
9. Bruneckiene J., Pekarskiene I., Palekiene O., Simanaviciene Z. An assessment of socio-economic systems' resilience to economic shocks: The case of Lithuanian regions. *Sustainability*. 2019;11(3):566. DOI: 10.3390/su11030566
10. Ivanov P.A. To the question of the method of the express assessment of the stability of the economy of the territories to external shocks. *Ekonomika i biznes: teoriya i praktika = Economy and Business: Theory and Practice*. 2022;(6-1):172-175. (In Russ.). DOI: 10.24412/2411-0450-2022-6-1-172-175
11. Song G., Zhong S., Song L. Spatial pattern evolution characteristics and influencing factors in county economic resilience in China. *Sustainability*. 2022;14(14):8703. DOI: 10.3390/su14148703
12. Li L., Zhang P., Li X. Regional economic resilience of the old industrial bases in China — A case study of Liaoning Province. *Sustainability*. 2019;11(3):723. DOI: 10.3390/su11030723
13. Foster K.A. A case study approach to understanding regional resilience. University of California, Institute of Urban and Regional Development Working Paper. 2007;(8). URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/59413/1/592535347.pdf>
14. Pontarollo N., Serpieri C. A composite policy tool to measure territorial resilience capacity. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2020;70:100669. DOI: 10.1016/j.seps.2018.11.006
15. Alessi L., Benczur P., Campolongo F., et al. The resilience of EU member states to the financial and economic crisis. *Social Indicators Research*. 2020;148(2):569-598. DOI: 10.1007/s11205-019-02200-1
16. Benczur P., Cariboni J., Joossens E., et al. Monitoring resilience in the EU. Luxembourg: European Union; 2023. 70 p. DOI: 10.2760/63111
17. Vysotsky S. Yu. Methodology for statistical assessment of the resilience index of territories. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya D. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki = Vestnik of Polotsk State University. Part D. Economic and Law Sciences*. 2023;(1):16-20. (In Russ.). DOI: 10.52928/2070-1632-2023-63-1-16-20
18. Zhikharevich B.S., Klimanov V.V., Maracha V.G. Resilience of the territory: Concept, measurement, governance. *Regional'nye issledovaniya = Regional Research*. 2020;(3):4-15. (In Russ.). DOI: 10.5922/1994-5280-2020-3-1
19. Nikonorov S.M., Krivichev A.I., Nasonov A.N., Tsvetkov I.V. Methodology for assessing and ranking of the socio-economic development of single-industry towns based on multifactor analysis of fractal indicators. *Regionologiya = Regionology: Russian Journal of Regional Studies*. 2024;32(2):326-344. (In Russ.). DOI: 10.15507/2413-1407.127.032.202402.326-344
20. Fedorova E.A., Lukasevich I. Ya. Forecasting financial crises with the help of economic indicators in the CIS countries. *Studies on Russian Economic Development*. 2012;23(2):188-194. DOI: 10.1134/S1075700712020050 (In Russ.: *Problemy prognozirovaniya*. 2012;(2):112-122.).
21. Pierri F., Scotti F., Bonaccorsi G., Flori A., Pammolli F. Predicting economic resilience of territories in Italy during the COVID-19 first lockdown. *Expert Systems with Applications*. 2023;232:120803. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.120803
22. Du S., Xu Y., Wang L. Predicting economic resilience: A machine learning approach to rural development. *Alexandria Engineering Journal*. 2025;121:193-200. DOI: 10.1016/j.aej.2025.02.049
23. Villacis A.H., Badruddoza S., Mishra A.K. A machine learning-based exploration of resilience and food security. *Applied Economic Perspectives and Policy*. 2024;46(4):1479-1505. DOI: 10.1002/aep.13475

24. Poonia R. C., Prabu P., Maheshwari A., Malhotra A., Gupta V. AI enhanced global economic resilience: Predicting and mitigating financial crises. In: Kumar S., Hiranwal S., Garg R., Purohit S., eds. Proc. Int. conf. on communication and computational technologies (ICCCT 2024). Singapore: Springer; 2024:267-279. (Lecture notes in networks and systems. Vol. 1122). DOI: 10.1007/978-981-97-7426-5_20
25. Cover T., Hart P. Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1967;13(1):21-27. DOI: 10.1109/TIT.1967.1053964
26. Freund Y., Schapire R. A short introduction to boosting. *Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence*. 1999;14(5):771-780. URL: <https://cseweb.ucsd.edu/~yfreund/papers/IntroToBoosting.pdf>
27. Quinlan J. R. Induction of decision trees. *Machine Learning*. 1986;1(1):81-106. DOI: 10.1007/BF00116251
28. Ruck D. W., Rogers S. K., Kabrisky M. Feature selection using a multilayer perceptron. *Journal of Neural Network Computing*. 1990;2(2):40-48. URL: https://www.researchgate.net/publication/2430790_Feature_Selection_Using_a_Multilayer_Perceptron
29. Train K. E. Discrete choice methods with simulation. Cambridge: Cambridge University Press; 2009. 400 p. DOI: 10.1017/CBO9780511805271
30. Wooldridge J. M. Econometric analysis of cross section and panel data. Cambridge, MA: The MIT Press; 2010. 741 p.
31. Demirgüç-Kunt A., Detragiache E. The determinants of banking crises in developing and developed countries. *IMF Staff Papers*. 1998;45(1):81-109. DOI: 10.2307/3867330
32. Sheng L., Zhang Z. Revisiting global imbalances: A comparative analysis of income and consumption inequality. *Economics & Politics*. 2022;34(2):382-390. DOI: 10.1111/ecpo.12202
33. Aladangady A., Cho D., Feiveson L., Pinto E. Excess savings during the COVID-19 pandemic. *FEDS Notes*. October 21, 2022. DOI: 10.17016/2380-7172.3223
34. Tsarova L. V. Control of foreign direct investment as a modern trend in investment legislation. *Zhurnal zarubezhnogo zakonodatel'stva i sravnitel'nogo pravovedeniya = Journal of Foreign Legislation and Comparative Law*. 2021;17(5):94-103. (In Russ.). DOI: 10.12737/jflcl.2021.056
35. Abbott P., Borot de Battisti A. Recent global food price shocks: Causes, consequences and lessons for African governments and donors. *Journal of African Economies*. 2011;20(S1): i12-i62. DOI: 10.1093/jae/ejr007
36. Laborde D., Martin W., Vos R. Impacts of COVID-19 on global poverty, food security, and diets: Insights from global model scenario analysis. *Agricultural Economics*. 2021;52(3):375-390. DOI: 10.1111/agec.12624

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR



Ольга Николаевна Бучинская — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник Центра экономической теории, Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация

Olga N. Buchinskaia — Cand. Sci. (Econ.), Senior Research Associate, Center for Economic Theory, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-5421-2522>

buchinskaia.on@uiec.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The author has no conflicts of interest to declare.

Статья поступила 20.12.2025; после рецензирования 25.12.2025; принята к публикации 10.02.2026.

Автор прочитала и одобрила окончательный вариант рукописи.

The article was received on 20.12.2025; revised on 25.12.2025 and accepted for publication on 10.02.2026.

The author read and approved the final version of the manuscript.