

DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-4-146-162

УДК 336.01(045)

JEL G15, G17

Построение системы опережающих индикаторов для прогнозирования валютного кризиса

М.А. Щепелева

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена анализу финансовых кризисов. Рассматриваются различные классификации кризисов, методы их прогнозирования, подходы к составлению системы опережающих индикаторов. Для лучшего понимания возможностей прогнозирования финансовых кризисов проводится собственное эмпирическое исследование по развивающимся странам с использованием традиционного эконометрического подхода для предсказания валютных кризисов и метода случайного леса. Выявлены наиболее значимые переменные, изменение которых может сигнализировать о начале валютного кризиса. **Цель** исследования — сравнить прогностическую силу эконометрических моделей и методов машинного обучения для прогнозирования валютных кризисов в развивающихся странах и составить набор релевантных переменных, которые можно использовать в системе опережающих индикаторов. В работе применяется логит-регрессия и модель случайного леса. Для сравнения прогностической силы моделей используется ROC-кривая. Значимость переменных в модели случайного леса определяется на основе значений Шепли. Полученные результаты свидетельствуют в пользу чуть более высокой прогностической силы случайного леса. Наиболее робастными предикторами валютных кризисов с точки зрения обеих моделей являются мировые цены на нефть и депозиты коммерческих банков. Полученные результаты могут быть приняты во внимание экономическими институтами, занимающимися регулированием финансовой системы, так как показывают, на какие индексы стоит в первую очередь обращать внимание при прогнозировании валютных кризисов в развивающихся странах.

Ключевые слова: валютный кризис; логит-модель; случайный лес; система опережающих индикаторов

Для цитирования: Щепелева М.А. Построение системы опережающих индикаторов для прогнозирования валютного кризиса. *Финансы: теория и практика*. 2025;29(4):146-162 DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-4-146-162

ORIGINAL PAPER

Building a System of Leading Indicators for Forecasting the Currency Crisis

M.A. Shchepeleva

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

This research is devoted to the analysis of financial crises. We examine different classifications of crises, methods of forecasting, approaches to building systems of early warning indicators. To better understand the potential for predicting financial crises, we conduct our own empirical research, comparing logit model and random forest to predict currency crises in developing countries. We also identify the most relevant variables, whose dynamics may signal the currency crisis is approaching. We aim to compare the accuracy of econometric models and machine learning techniques in predicting currency crises in developing countries, and to identify a set of relevant indicators that could be used in a warning system. We use logit regression and random forest models. We compare the predictive power of these models using the ROC curve. The significance of variables in a random forest model is determined by the Shapley values. We found that the random forest model has slightly more accurate predictive power than the logit approach. Both models indicate that oil prices and commercial bank deposits are the most robust predictors of currency crises. The results obtained can be taken into account by economic institutions involved in financial system regulation, as we indicate the variables, which should be primarily taken into account when forecasting currency crises in developing countries.

Keywords: currency crisis; logit model; random forest; early warning system

For citation: Shchepeleva M. Building a system of leading indicators for forecasting the currency crisis. *Finance: Theory and Practice*. 2025;29(4):146-162. (In Russ.). DOI: 10.26794/2587-5671-2025-29-4-146-162

ВВЕДЕНИЕ

Финансовые кризисы, несмотря на все усилия регулирующих органов, по-прежнему случаются с завидной регулярностью. Среди наиболее масштабных финансовых кризисов в новейшей истории выделяют Великую депрессию 1930-х гг., Латиноамериканский долговой кризис 1980-х гг., Азиатский финансовый кризис конца 1990-х гг. и глобальный финансовый кризис 2007–2009 гг. Причины финансовых кризисов многогранны и часто связаны с сочетанием макроэкономических диспропорций, структурных недостатков финансовой системы и сбоев рыночного механизма.

В настоящее время в академической литературе активно изучаются методы разработки системы опережающих индикаторов финансовых кризисов. Они позволяют прогнозировать будущие экономические тенденции на основе текущих и исторических данных, выявлять потенциальные риски и принимать упреждающие меры. Системы опережающих индикаторов могут основываться на разных методах и моделях, таких как регрессионный анализ, методы машинного обучения и искусственного интеллекта. Это позволяет обрабатывать большие объемы данных и определять связи между различными экономическими показателями.

Цель данного исследования состоит в том, чтобы выявить экономические индикаторы, которые наиболее целесообразно использовать в системе раннего оповещения для прогнозирования валютных кризисов в развивающихся странах. Исследовательская гипотеза заключается в том, что существует определенный набор экономических индикаторов, который способен эффективно и своевременно обнаружить валютный кризис в развивающихся странах.

Объектом исследования выступают финансовые кризисы и причины их возникновения.

Предметом исследования являются экономические и финансовые показатели, которые могут быть опережающими индикаторами для прогнозирования финансовых кризисов.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить литературу по теоретическим аспектам финансовых кризисов.
2. Выделить пул переменных на основании уже существующих эмпирических работ, которые значимы с точки зрения прогнозирования финансовых кризисов.

3. Исследовать подходы к прогнозированию вероятности финансовых кризисов.

4. Сравнить стандартный эконометрический подход к прогнозированию валютных кризисов и методы машинного обучения.

5. Создать собственную систему опережающих индикаторов на основе полученной информации.

В качестве данных для эмпирической части работы использовались ежемесячные показатели для семи стран с развивающимися рынками за последние 20 лет (01.01.2002–01.12.2021 гг.). Информация была получена преимущественно из базы данных Международного валютного фонда и Организации экономического сотрудничества и развития.

Новизна работы заключается в том, что, во-первых, для эмпирического исследования используется новый набор индикаторов, потенциально влияющих на вероятность валютного кризиса, в том числе с добавлением «индекса доллара»; во-вторых, в работе анализируются ежемесячные данные вместо широко распространенных годовых показателей; в-третьих, рассматриваются два различных метода прогнозирования кризисов — эконометрический и на основе машинного обучения — и сравниваются их результаты.

Работа структурирована следующим образом. В первом разделе речь идет о различных видах финансовых кризисов, рассматриваются их характеристики, причины и последствия. Также систематизируются взгляды различных исследователей в отношении того, как должна строиться система индикаторов раннего предупреждения. Во втором и третьем разделах представлено описание данных и методология эмпирического исследования. Последняя часть посвящена интерпретации результатов и выводам для экономической политики.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФИНАНСОВЫХ КРИЗИСОВ И ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЮ

Финансовые кризисы: основные виды, причины, последствия

Финансовый кризис — это состояние экономики, которое характеризуется серьезными нарушениями в финансовой системе, способными, в свою очередь, вызвать значительные потери для населения и бизнеса, а также перекинуться на другие страны. Выделяют несколько видов финансовых кризисов, которые отличаются друг от друга по

тому, какой сегмент финансовой системы они затрагивают, какие факторы их вызывают и какие последствия они имеют. К основным видам финансовых кризисов относят валютные кризисы, банковские кризисы и кризисы суверенного долга [1].

Валютные кризисы возникают, когда стоимость национальной валюты резко снижается. Причины валютных кризисов могут быть связаны с неблагоприятными изменениями фундаментальных факторов, таких как низкие темпы экономического роста или недостаточная прозрачность на рынках, или могут быть связаны с паникой и недоверием к национальной валюте [2]. Исследователи определяют валютные кризисы по разным критериям, например, по степени обесценивания национальной валюты или интенсивности рыночного давления при спекулятивных атаках. Некоторые исследования утверждают, что спекулятивные атаки являются основной причиной большинства валютных кризисов [3]. Эти атаки обычно сопровождаются резким обесцениванием национальной валюты, значительным сокращением международных резервов и повышением процентной ставки.

Банковские кризисы возникают, когда банки не могут выполнить свои обязательства перед клиентами. Чаще всего банковские кризисы ассоциируются с такими показателями, как высокий уровень задолженности по кредитам, высокий уровень рискованных активов на балансе банков и недостаток ликвидности. Отдельно исследователи выделяют системные банковские кризисы, отличительными особенностями которых являются: крупномасштабные банковские дефолты; негативное влияние на банковскую систему в целом, а не только на один или несколько банков; продолжительный период времени, в течение которого банковская система испытывает проблемы, такие как сокращение кредитования, ухудшение качества активов или повышенные процентные ставки; оценка кризиса экспертами, основанная на дополнительной информации о банковской системе, экономике и политической обстановке в стране [4].

Кризисы суверенного долга определяются как невозможность страны выплатить свой долг в установленные сроки или реструктурировать его на более благоприятных условиях. Выделяют кризисы внешнего и внутреннего долга.

Исследователи идентифицируют долговые кризисы, анализируя случаи, когда заемщики не могут вовремя выплатить основную сумму дол-

га или проценты. Также кризисы распознают по факту реструктуризации задолженности или обмена долга на менее выгодных условиях [5].

Классификация финансовых кризисов, предложенная другими исследователями [6], в дополнение к рассмотренным выше кризисам включает также кризисы «внезапной остановки». Они характеризуются резким и значительным сокращением или прекращением притока капитала в экономику страны: кризис происходит, когда инвесторы теряют доверие к экономике страны и массово выводят свои инвестиции из нее, что приводит к значительному сокращению доступности кредита.

Отличие между двумя классификациями заключается в том, что более поздние работы детальнее описывают каждый тип кризиса, учитывая большее количество факторов, которые могут привести к возникновению негативных явлений в финансовой сфере.

Как в работе [7], так и в статье [6] есть указание на то, что финансовые кризисы чаще всего не являются изолированными, а, наоборот, связаны между собой.

В работе [7] авторы показывают, что взаимосвязь между банковскими и валютными кризисами осуществляется посредством нескольких механизмов. Во-первых, когда происходит банковский кризис, банки могут начать продавать свои иностранные активы, чтобы покрыть убытки. Это может привести к падению курса национальной валюты и, соответственно, к валютному кризису. Во-вторых, когда происходит валютный кризис, компании могут столкнуться с проблемами в получении кредитов и выплате своих долгов в иностранной валюте, что может вызвать банковский кризис. Кроме того, если банки инвестируют в зарубежные активы, которые в результате валютного кризиса становятся невостребованными, они могут столкнуться с проблемами ликвидности и платежеспособности, что также может стать причиной банковского кризиса.

Также исследователи обращают внимание на то, что существует взаимосвязь между кризисами государственного долга, валютными и банковскими. Исследование [8] показало, что вышеуказанные кризисы, как правило, происходят в один и тот же месяц из-за общих ненаблюдаемых факторов. Авторы установили, что банковский кризис увеличивает будущий риск суверенного дефолта, в то время как суверенные дефолты не увеличивают вероятность будущих

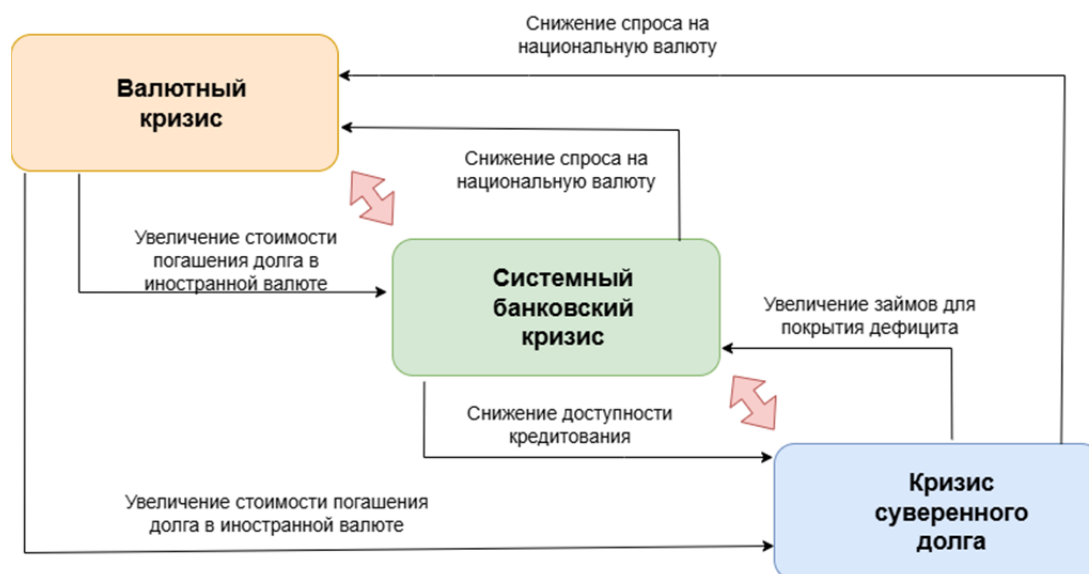


Рис. 1 / Fig. 1. Взаимосвязи между различными видами финансовых кризисов / Interconnections Between Different Types of Financial Crises

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

банковских кризисов, а запаздывающий валютный кризис оказывает негативное влияние на вероятность кризиса суверенного долга. Кроме того, исследование обнаружило косвенное влияние валютных и банковских кризисов на суверенные дефолты посредством ухудшения макроэкономических переменных: валютный кризис повышает вероятность будущего долгового кризиса за счет повышения реального обменного курса, а международная неликвидность банков увеличивает вероятность дефолта, если банковский кризис происходит до суверенного дефолта. Также стоит учитывать, что как макроэкономические показатели, так и качество институтов являются важными факторами, определяющими суверенные дефолты, помимо запаздывающего начала банковских кризисов. В частности, суверенные дефолты более вероятны в странах с растущим дефицитом счета текущих операций, большим отношением краткосрочного внешнего долга к резервам и слабыми институтами [9].

Рисунок 1 отражает взаимосвязь между различными видами кризисов, описанных в литературе. Например, банковский кризис может вызвать потерю доверия к финансовой системе страны, что, в свою очередь, может привести к снижению спроса на национальную валюту. Снижение курса национальной валюты может увеличить затраты на обслуживание государственного долга и привести к возникновению кризиса суверенного долга. Соответственно, разные

виды кризисов могут взаимодействовать между собой и вызывать цепную реакцию, усугубляя неблагоприятную экономическую ситуацию.

Важно также обсудить последствия финансовых кризисов. Многие исследователи отмечают потерю доверия к финансовой системе, как одно из главных и серьезных долгосрочных последствий финансовых кризисов. Например, в статье [10] авторы рассматривают, как финансовые кризисы могут привести к ухудшению финансовой ситуации в стране, а именно: к росту внешнего долга и сокращению доступности кредитования, что в конечном итоге может стать причиной потери доверия в экономике и финансовой системе в целом. В статье также рассматривается вопрос о том, какие меры могут помочь развивающимся странам справиться с финансовыми кризисами. Исследователи приходят к выводу, что важно иметь достаточный уровень международных резервов и поддерживать здоровую банковскую систему.

В других исследованиях обнаружили, что финансовые кризисы приводят к значительному снижению экономического роста на протяжении нескольких лет после кризиса, которое выливается в значительное уменьшение производства и доходов населения [11]. Они подтверждают, что финансовые кризисы приводят к ряду негативных последствий, таких как резкое сокращение кредитования и инвестирования, снижение спроса на товары и услуги, уве-

личение безработицы и уменьшение производственных мощностей.

Таким образом, существуют разные классификации финансовых кризисов. В данной работе используется подход к типологии финансовых кризисов, в котором выделяют следующие их виды: системный банковский кризис, валютный кризис; кризис суверенного долга; кризисы «близнецы» (два из трех видов кризиса одновременно) и тройные кризисы (все три перечисленных кризиса).

Системы раннего предупреждения финансовых кризисов

Сейчас в академической литературе уделяется большое внимание созданию системы раннего предупреждения (Early Warning System, EWS) финансовых кризисов. За последние десятилетия как развитые, так и развивающиеся страны пережили большое количество кризисных эпизодов, которые были сопряжены с высокими затратами не только для страны, где начался кризис, но и для их партнеров в торговой и финансовой сферах.

Самой известной системой опережающих индикаторов для прогнозирования финансовых кризисов стала модель KLR¹, предложенная в работе [7]. В своем исследовании авторы определили наиболее значимые переменные, которые могут предшествовать финансовым кризисам. К ним относятся отклонение реального обменного курса от тренда, банковский кризис, экспорт, индекс фондового рынка, отношение M2 к международным резервам, выпуск, избыток денежной массы M1, мультипликатор денежной массы M2, отношение внутреннего кредита к номинальному ВВП, реальная ставка процента, условия торговли, дифференциал реальной ставки процента, кредитно-депозитный коэффициент, импорт и банковские депозиты.

В дальнейшем для повышения эффективности модели в последующих работах к изначальному набору предикторов была добавлена новая категория показателей — «глобальные индикаторы», которая включает в себя различные макроэкономические переменные, такие как выпуск США, выпуск стран G7, динамика ставки ФРС в США и динамика мировых цен на нефть [12]. Однако глобальные индикаторы могут иметь слабую связь с внутренней экономической ситуацией в стране. Это означает, что изменения

в глобальных индикаторах могут не всегда отражать текущее положение дел в конкретной стране. Тем не менее включение глобальных индикаторов в список предикторов чаще всего улучшает метрики качества прогнозных моделей.

Результаты другой работы показали, что система раннего предупреждения, основанная на комбинации нескольких индикаторов, обеспечивает достаточно высокую точность прогнозирования финансовых кризисов в выбранных азиатских странах [13]. В частности, автор отмечает, что темпы роста денежной массы, банковских депозитов, ВВП на душу населения и национальных сбережений коррелируют с такими типами финансовых кризисов, как банковский, валютный и долговой. Одновременно отношение M2 мультипликатора к валютным резервам, темпы роста валютных резервов, внутренняя реальная процентная ставка и инфляция играют дополнительную роль в банковских кризисах и некоторых видах валютных кризисов.

После финансового кризиса 2007–2009 гг., когда многие страны прочувствовали на себе последствия мирового экономического спада, развитие систем раннего предупреждения кризисов получило новый стимул к совершенствованию. В одном из исследований авторы использовали модель для прогнозирования финансовых кризисов, которая основывалась на анализе более 60 потенциальных переменных [14]. Однако из такого большого пула переменных статистически значимыми оказались лишь международные резервы, инфляции и реальный обменный курс для прогнозирования разного рода финансовых кризисов.

В другом исследовании авторы исследовали индикаторы, основанные на фундаментальных и финансовых переменных [15]. Исследование показало, что уровень долга, размер банковских балансов, рост ВВП, инфляция, темпы роста денежной массы, изменения в стоимости акций и кредитных ставок могут предоставить раннее предупреждение о возможных кризисах. Кроме того, статья подчеркивает взаимосвязь между валютным, государственным долговым и банковским кризисами. Валютный кризис может привести к кризису государственного долга и банковскому кризису из-за значительного спада валютного курса и валютных резервов банков, что угрожает ликвидности и стабильности банковской системы в целом.

В дополнение к существующим общепризнанным опережающим индикаторам в ряде

¹ Далее модель KLR.

работ также предлагается использовать мировые цены на нефть. Было выявлено, что цены на нефть значительно влияют на движение стоимости доллара США по отношению к другим валютам с 1970-х по 2008 г. [16]. Более того, результаты прогнозирования согласуются с отношением нефть-обменный курс: повышение реальных цен на нефть приводит к значительному снижению стоимости доллара США по отношению к валютам нефтедобывающих стран, таких как Канада, Мексика и Россия, в то время как национальные валюты импортеров нефти, например Японии, дешевеют относительно доллара США, когда реальная цена на нефть повышается.

В еще одной работе рассматривалась связь индикатора «открытости экономики» и кризиса «внезапной остановки», которые имеют связь непосредственно с валютной девальвацией [17]. Эта статья исследует влияние открытости торговли на отношения между текущим счетом и реальным обменным курсом, сосредоточившись на периодах значительных проблем в балансах банков. Авторы идентифицировали эпизоды внезапной остановки капитальных потоков и резкого падения валют для большой выборки развитых и развивающихся стран в период 1970–2011 гг. и обнаружили, что во время этих эпизодов девальвация валюты ассоциируется с более крупными улучшениями текущего счета в странах с более открытыми экономиками для торговли.

В целом стоит отметить, что во всех исследованиях по созданию системы опережающих индикаторов для предотвращения финансовых кризисов авторы опирались на первоначальную модель KLR и дополняли ее своими переменными.

Подходы к прогнозированию финансовых кризисов

Для прогнозирования финансовых кризисов используются различные методы как из классической эконометрики, так и из машинного обучения.

Эконометрические модели основаны на статистическом анализе и строятся на предположении о том, что будущее поведение агентов можно предсказать на основе прошлых данных. Чаще всего для прогнозирования временных рядов в финансах используются модели векторной авторегрессии (VAR), а также авторегрессионные модели интегрированной скользящей средней (ARIMA), а для предсказания кризисных явлений — регрессии типа логит и пробит.

Один из первых примеров использования этих моделей был представлен в статье [7], где автор разработал метод предупреждения кризисов, основанный на сигнальном подходе. Сигнал возникает, когда значение определенной переменной превышает установленный порог. Главная идея заключается в том, что определенные макроэкономические и финансовые переменные имеют тенденцию вести себя до и во время кризиса различным образом. Впоследствии модель EWS использовалась для прогнозирования нескольких финансовых кризисов, включая Азиатский финансовый кризис 1997 г. и глобальный финансовый кризис 2007–2009 гг.

Модели логит и пробит имеют свои ограничения. Они могут быть чувствительны к выбору переменных, которые исследователь определяет самостоятельно, а значит, мисспецифицированы. Кроме того, эти модели предполагают линейную связь между факторами и вероятностью возникновения кризиса. Также некоторые исследователи выяснили, что стандартные регрессии могут быть неспособны уловить уязвимости, возникшие в результате сочетания макроэкономических и финансовых факторов.

Методы машинного обучения основаны на обучении алгоритмов на основе данных. Эти методы могут быть использованы для прогнозирования кризисов на основе множества факторов, включая макроэкономические данные, данные о финансовых рынках, социально-экономические и политические факторы. Среди методов машинного обучения наиболее часто для прогнозирования финансовых кризисов используются алгоритмы классификации, такие как дерево решений, случайный лес, градиентный бустинг и нейронные сети.

Деревья решений создаются с использованием метода бинарного разделения, где каждый узел разделяется на две ветви, представляющие разные результаты или решения. В результате использования этого подхода можно выявить уникальные комбинации факторов и пороговые значения переменных, превышение которых грозит финансовым кризисом [18].

Более точный подход к прогнозированию финансовых кризисов — использование метода «случайного леса», который создает множество деревьев решений и объединяет их для получения прогнозов. Каждое дерево в лесу обучается на различных подмножествах данных, и результаты всех деревьев комбинируются для получения окончательного прогноза. Результаты

исследований показали, что «случайный лес» обеспечивает высокую точность предсказаний и превосходит другие методы машинного обучения, такие как нейронные сети и метод опорных векторов [19]. Случайный лес имеет несколько преимуществ перед отдельными деревьями решений, так как он может повысить точность прогнозирования модели за счет усреднения прогнозов нескольких деревьев решений, что помогает уменьшить дисперсию и систематическую ошибку модели. Случайный лес менее подвержен переобучению по сравнению с отдельными деревьями решений, поскольку каждое дерево решений обучается на немного отличающемся подмножестве данных. Кроме того, случайный лес позволяет оценить важность каждого признака при прогнозировании целевой переменной.

Использование градиентного бустинга для прогнозирования финансовых кризисов представляет собой еще один метод машинного обучения, который может быть использован для прогнозирования финансовых кризисов. Этот метод комбинирует несколько слабых моделей и усиливает их вес для получения сильной модели (несколько примеров использования алгоритмов бустинга для финансовых данных см. [20]). Он работает путем последовательного добавления новых моделей к уже имеющимся, при этом каждая новая модель исправляет ошибки, которые были допущены предыдущими моделями. В одной из работ авторы применяют методы случайного леса и градиентного бустинга для предсказания финансовых кризисов, используя финансовые индикаторы, экономические показатели и новости. Результаты продемонстрировали эффективность обоих методов, но установили, что случайный лес обеспечивает более высокую точность предсказаний, чем градиентный бустинг [21].

Нейронные сети также являются хорошим средством для прогнозирования финансовых кризисов. Структура нейронной сети состоит из нейронов (элементарных обработчиков информации), соединенных между собой связями, которые передают сигналы между нейронами. Нейроны и связи организованы в слои, и каждый слой выполняет определенную функцию в обработке данных. Одним из примеров является работа, в которой использовали нейронные сети для прогнозирования кризисов на основе экономических и финансовых данных [22]. В процессе обучения нейронной сети на вход

подаются исторические данные о финансовых показателях, а на выходе получаются прогнозы вероятности возникновения кризиса в будущем. Авторы использовали кросс-валидацию для оценки качества модели и выбора оптимальных параметров. Этот способ имеет преимущество перед другими методами, которое заключается в его способности лучше обрабатывать сложные нелинейные взаимодействия между различными финансовыми показателями.

В целом, все рассмотренные методы имеют как свои преимущества, так и недостатки, и выбор конкретного метода зависит от целей исследования и доступности данных. Некоторые исследователи предлагают комбинировать различные методы для достижения более точных и надежных прогнозов [23].

ОПИСАНИЕ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ

Наше исследование посвящено прогнозированию именно валютных кризисов.

Для выявления валютных кризисов мы используем критерии, предложенные в исследовании [8]: валютный кризис считается наступившим в случае, если в текущем месяце национальная валюта обесценилась более чем на 10% после периода стабильных обменных курсов (при среднем абсолютном процентном изменении менее чем на 2,5% за предыдущие 12 месяцев).

В табл. 1 представлена статистика валютных кризисов в 7 развивающихся экономиках с января 2002 по декабрь 2021 г. Выборка включает в себя Колумбию, Мексику, Турцию, Бразилию, Индонезию, Россию и ЮАР. Все страны в прошлом сталкивались с серьезными валютными кризисами, которые имели значительные последствия для экономики. Таким образом, общее количество кризисных эпизодов в выборке равно 22.

В качестве основы для набора потенциальных предикторов валютных кризисов мы взяли перечень показателей, предложенный в модели KLR [7], и дополнили его статистически значимыми индикаторами из работ [9, 16, 17].

При этом были сделаны некоторые поправки к набору данных в модели KLR.

1. В модели KLR используется отношение текущего счета к ВВП, но мы взяли отношение к международным резервам. Также вместо отношения внутреннего кредита к ВВП было взято процентное изменение внутреннего кредита.

Таблица 1 / Table 1

**Валютные кризисы в развивающихся странах в период 2002–2021 гг. /
Currency Crises in Developing Countries Between 2002 and 2021**

Страна / Country	Валютные кризисы / Currency Crises
Колумбия	Сентябрь, 2008; декабрь, 2014; март, 2020
Мексика	Октябрь, 2008; март, 2020
Турция	Май, 2004; июнь, 2006; октябрь, 2008; август, 2018
Бразилия	Октябрь, 2002; сентябрь, 2008; март, 2015; март, 2020
Индонезия	Ноябрь, 2008; март, 2020
Россия	Январь, 2009; май, 2012; ноябрь, 2014; март, 2020
ЮАР	Июнь, 2006; октябрь, 2008; март, 2020

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

2. Избыток денежной массы M1 был опущен из набора переменных из-за высокой корреляции с денежным мультипликатором.

3. Экспорт и импорт как отдельные переменные не используются в отличие от стандартной модели KLR. Вместо этого применяется индикатор «открытости экономики», рассчитываемый как отношение суммы экспорта и импорта к ВВП.

4. Показатель инфляции имеет хорошие прогностические способности, но преимущественно является значимым по отношению к банковским кризисам [9, 15]. В нашем наборе предикторов инфляция не использовалась.

5. В качестве глобальных факторов были добавлены мировые цены на нефть и индекс доллара.

В итоге мы получили следующий окончательный набор предикторов для валютных кризисов в развивающихся странах:

M2 мультипликатор: увеличение денежного мультипликатора может сопровождаться увеличением объемов кредитования и более высокими темпами экономического роста, однако при избыточном росте денежной массы может возникнуть инфляция, которая негативно отразится на валютном курсе.

Внутренний кредит: увеличение внутреннего кредита может сопровождаться оттоком капитала из страны и ухудшением экономической ситуации, что может стать катализатором валютного кризиса.

Депозиты коммерческих банков: снижение объема депозитов может сопровождаться снижением объемов кредитования и более низкими

темпами экономического роста, увеличивая уязвимость национальной валюты.

Отношение текущего счета к международным резервам: ухудшение условий торговли может усугубить кризис за счет сокращения экспортных поступлений страны и увеличения стоимости импорта, что ведет к кризису платежного баланса.

Волатильность реального обменного курса: если обменный курс становится волатильным, это может вести к ухудшению состояния счета текущих операций и делать страну уязвимой для внешних потрясений.

Международные резервы: уменьшение международных резервов может привести к невозможности покрывать свои внешние обязательства или поддерживать стабильность национальной валюты в условиях спекулятивных атак.

Изменение реального ВВП: более низкие темпы экономического роста могут усугублять ситуацию в стране в период валютного кризиса.

Индекс фондового рынка: снижение национальных фондовых индексов может привести к оттоку капитала из этой страны в более стабильные экономики, а это может сопровождаться снижением стоимости национальной валюты.

Открытость экономики: с одной стороны, высокая степень открытости экономики может вести к увеличению объема международной торговли и притоку иностранного капитала, но, с другой стороны, это повышает уязвимость страны к внешним шокам.

Реальная ставка процента: увеличение ставки процента может привести к притоку ка-

питала в экономику и снизить вероятность кризиса, но также может увеличить затраты на обслуживание внешнего долга и снизить спрос на кредиты внутри страны, что может негативно повлиять на экономический рост.

Мировые цены на нефть: падение цен на нефть может привести к дефициту внешнеторгового баланса, нехватке валютных резервов и ухудшению валютного курса в странах, ориентированных на экспорт сырьевых ресурсов.

Индекс доллара: укрепление доллара ведет к снижению экспортных и росту импортных цен, что ухудшает состояние торгового баланса в странах, ориентированных на экспорт сырьевых ресурсов, увеличивая в них риск валютного кризиса. Индекс доллара рассчитывается по шести валютам развитых стран (евро, иена, фунт стерлингов, канадский доллар, шведская крона и швейцарский франк). Результаты исследования [24] показали, что изменения курса доллара отражают изменения в глобальном настроении к риску и мировом спросе на рискованные активы.

В таблице Приложения обозначен полный список переменных, используемых в работе, с указанием источников и единиц измерения. Все данные взяты по месяцам, за исключением значений ВВП, которые были интерполированы в месячные данные из годовых.

Перед построением моделей для определения наиболее релевантных индикаторов прогнозирования валютных кризисов был проведен предварительный анализ данных [25].

На первом этапе проводится тест, который позволяет проверить гипотезу о наличии статистически значимых различий между средними значениями рассматриваемых переменных в кризисный и докризисный периоды. Из табл. 2 видно, что статистически значимые различия в средних значениях наблюдаются для таких переменных, как международные резервы, банковские депозиты, реальный ВВП, индекс фондового рынка, степень открытости экономики, волатильность обменного курса и мировые цены на нефть. Статистически значимые различия в средних значениях между группой с нормальными экономическими условиями и группой начала кризиса наблюдаются на уровне значимости 5%. Тем не менее мы не можем достоверно утверждать, что для остальных объясняющих переменных отсутствуют различия в средних значениях между кризисным и докризисным периодами.

На втором этапе был проведен тест на мультиколлинеарность признаков в линейной регрессии. В табл. 3 представлены несколько показателей мультиколлинеарности, в том числе коэффициент инфляции дисперсии (VIF), квадратный корень из VIF, допуск и значение R-квадрата для каждой независимой переменной.

Из табл. 3 видно, что показатели VIF лишь незначительно превышают 1, что говорит об умеренной корреляции между признаками. В результате для исследования было принято решение оставить все показатели как возможные предикторы валютных кризисов.

МЕТОДОЛОГИЯ

Логит-модель

Мы строим модель логистической регрессии на базовом наборе данных, состоящем из 12 переменных, предварительно стандартизуя данные. Логистическая регрессия является простой статистической моделью, которая используется для прогнозирования вероятности бинарного исхода (в нашем случае наличия или отсутствия кризиса). Мы использовали модель со случайными эффектами, что означает возможность изменения параметров модели от одной страны к другой. Это позволяет учитывать индивидуальные особенности каждой страны, которые могут влиять на вероятность возникновения кризиса.

$$\text{CurrencyCrisis}_{i,t} = \beta_0 + \beta_i X_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t}, \quad (1)$$

где $\text{CurrencyCrisis}_{i,t}$ — это бинарная зависимая переменная, которая принимает значение 1, если произошел валютный кризис в стране i в месяц t , и 0 — в противном случае; β_i — матрица коэффициентов регрессии; $X_{i,t-k}$ — матрица объясняющих переменных со значениями k лагов назад, которые связаны с вероятностью возникновения валютного кризиса; $\varepsilon_{i,t}$ — миспецифицированы это член ошибки, который фиксирует любое случайное или необъяснимое изменение вероятности возникновения валютного кризиса.

Для решения проблемы эндогенности в модели необходимо использовать лаги. Изначально был взят один лаг для каждой переменной и далее, последовательно, путем увеличения количества лагов для переменных анализировалось изменение логарифмической вероятности (Log likelihood) и критерия Акаике (AIC). Наилучшая комбинация этих двух параметров получается при использовании следующей модели:

Таблица 2 / Table 2

Описательная статистика и t-test для предкризисного и кризисного периодов / Descriptive Statistics and T-test for Pre-crisis and Crisis Periods

Переменная / Variable	Наблюдения / Obs.	Среднее (0) / Mean(0)	Стандартное отклонение (0) / St. Dev. (0)	Среднее (1) / Mean (1)	Стандартное отклонение (1) / St. Dev. (1)	р-знач. / p-value
IntReserves	1673	0,01	0,00	-0,03	0,01	0,00 ***
BankDeps	1673	0,01	0,00	0,02	0,01	0,00 ***
RealGDP	1668	0,00	0,00	-0,02	0,01	0,00 ***
ShareIndex	1669	0,01	0,00	-0,12	0,02	0,00 ***
MMmult	1673	0,00	0,00	0,01	0,01	0,17
DomCredit	1675	0,01	0,00	0,02	0,00	0,28
TradeBal	1680	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,30
Opennes	1673	0,01	0,00	0,06	0,02	0,00 ***
DevOfExRate	1680	0,56	7,17	180,96	137,10	0,00 ***
IntRate	1673	0,01	0,00	0,01	0,00	0,29
DXY	1673	0,00	0,00	-0,03	0,02	0,10
OilPrices	1673	0,01	0,00	-0,22	0,04	0,00 ***

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

Примечание / Note: р-знач. – значение p-value; *** – значимость на уровне 1%; ** – значимость на уровне 5%; * – значимость на уровне 10%.

$$\begin{aligned}
 \text{CurrencyCrisis}_{i,t} = & \beta_0 + \beta_{1i} \text{Int Re serves}_{i,t-3} + \beta_{2i} \text{BankDeps}_{i,t-3} + \\
 & + \beta_{3i} \text{RealGDP}_{i,t-1} + \beta_{4i} \text{ShareIndex}_{i,t-1} + \beta_{5i} \text{MMmult}_{i,t-3} + \\
 & + \beta_{6i} \text{DomCredit}_{i,t-3} + \beta_{7i} \text{TradeBal}_{i,t-3} + \beta_{8i} \text{Opennes}_{i,t-2} + \\
 & + \beta_{9i} \text{DevOfExRate}_{i,t-2} + \beta_{10i} \text{IntRate}_{i,t-1} + \beta_{11i} \text{DXY}_{i,t-1} + \\
 & + \beta_{12i} \text{Oil Prices}_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t}.
 \end{aligned} \quad (2)$$

После спецификации регрессии мы провели тест Хаусмана на корректность использования случайных эффектов. Результаты теста показывают, что разница в коэффициентах между моделью с фиксированными эффектами и моделью со случайными эффектами не является статистически значимой. Это говорит о том, что модель случайных эффектов в целом является приемлемой и что ненаблюдаемая неоднородность не оказывает существенного влияния на результаты.

В табл. 4 представлены результаты моделей на основе формулы (2). Для того, чтобы продемонстрировать полезность добавления глобальных переменных (международная ставка процента, индекс доллара и мировые цены на нефть), мы отдельно рассмотрели две спецификации: без включения глобальных переменных и с их использованием.

Таблица 3 / Table 3

Результаты теста на мультиколлинеарность / Results of Multicollinearity Tests

Переменная / Variable	VIF / VIF	VIF (квадратный корень) / VIF (SQRT)	Допуск / Access	R-квадрат / R-squared
IntReserves	1,14	1,07	0,88	0,12
BankDepos	1,5	1,23	0,67	0,33
RealGDP	1,05	1,03	0,95	0,05
ShareIndex	1,22	1,1	0,82	0,18
MMmult	1,04	1,02	0,96	0,04
DomCredit	1,51	1,23	0,66	0,34
TradeBal	1,06	1,03	0,94	0,06
Openness	1,05	1,03	0,96	0,05
DevOfExRate	1,01	1	0,99	0,01
IntRate	1,04	1,02	0,96	0,04
DXU	1	1	1,00	0,00
OilPrices	1,18	1,09	0,84	0,16
Средняя VIF	1,15			

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

При добавлении глобальных переменных логарифм вероятности в модели 2 увеличился, при этом снизился критерий AIC, что свидетельствует об улучшении модели. Дополнительно был проведен тест отношения правдоподобия, где значение p-value оказалось меньше уровня значимости 5%, указывая на то, что дополнительные переменные в модели 2 значимо улучшают ее соответствие данным по сравнению с моделью 1.

Результаты регрессионного анализа подтверждают выводы, сделанные в более ранних эмпирических исследованиях. Увеличение международных резервов, банковских депозитов, реального ВВП, индекса фондового рынка, денежного мультипликатора и мировых цен на нефть уменьшает вероятность валютного кри-

зиса, в то время как увеличение внутреннего кредита и индекса доллара повышает его вероятность.

Наиболее высокая статистическая значимость наблюдается у показателей объема банковских депозитов, внутреннего кредита, международных резервов, а также глобальных переменных, а именно, у мировых цен на нефть и у индекса доллара.

Модель «случайного леса»

В связи с тем, что логистическая регрессия не учитывает нелинейные взаимосвязи между переменными, в качестве альтернативы было решено использовать методы машинного обучения, в частности метод «случайного леса». Эффективность метода «случайного леса» для прогнози-

Таблица 4 / Table 4

Результат оценивания логит-моделей / Results of Logit Models' Estimation

Переменная / Variable	Лag / Lag	Модель 1 / Model 1	Модель 2 / Model 2
IntReserves	3	-,41**	-,47**
BankDeps	3	-,67***	-,61***
RealGDP	1	-,12	-,14*
ShareIndex	1	-,68***	-,37
MMmult	3	-,34*	-,41*
DomCredit	3	,56***	,54***
TradeBal	3	-,30	-,35
Opennes	2	-,29	-,39
DevOfExRate	2	-,38	-,45 *
IntRate	1		,32
DXY	1		,42**
OilPrices	1		-,58***
Observtions		1644	1644
Log likelihood		-95,57	- 89,50
AIC		213,15	207,00

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

Примечание / Note: *** – значимость на уровне 1%; ** – значимость на уровне 5%; * – значимость на уровне 10%.

вания разных видов финансовых кризисов была подтверждена многими исследованиями [19, 24]. «Случайный лес» строится на основе большого количества деревьев решений, обучающихся на разных выборках тренировочного набора данных. После того, как деревья решений выращены, их прогнозы усредняются для получения окончательного результата вероятности наступления кризиса.

В нашем случае для построения модели «случайного леса» были выбраны следующие гиперпараметры:

- минимальный размер выборки — 10;
- число деревьев решений — 100;
- максимальная глубина — 10;
- число признаков — 10.

Соотношение тренировочных и тестовых данных — 70 к 30 от общей выборки.

Для определения вклада каждой переменной в окончательный прогноз модели используются значения Шепли. Это позволяет понять, какие переменные имеют наибольшую предиктивную ценность. Для оценки экономической и стати-

стической значимости предикторов будет использоваться регрессия Шепли [26]:

$$CurrencyCrisis = \text{Logit}(\Phi_{n \times k}(x)\hat{\beta}) + \hat{\epsilon}, \quad (3)$$

где *CurrencyCrisis* — это бинарная зависимая переменная, которая принимает значение 1, если произошел валютный кризис, и 0 — в противном случае; $\Phi_{n \times k}(x)$ — значения Шепли; $\hat{\beta}$ — коэффициент, измеряющий соответствие между предсказанными вероятностями кризисов и реальными кризисами; $\hat{\epsilon}$ — это член ошибки, который фиксирует изменение вероятности возникновения валютного кризиса.

Таким образом, нелинейная и ненаблюдаемая функция предикторов в модели машинного обучения преобразуется с помощью значений Шепли в линейное параметрическое пространство и в контексте машинного обучения, модель может рассматриваться как объединение переменных, которые работают вместе для достижения конечной цели — предсказания исхода.

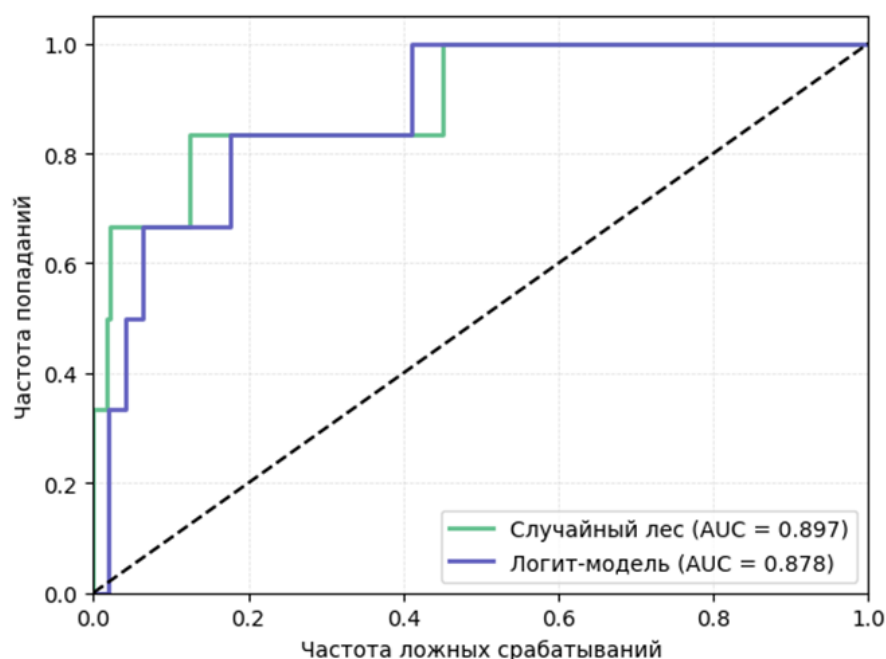


Рис. 2 / Fig. 2. Сравнение предсказательной силы логит-модели и «случайного леса» / Comparison of the Forecasting Power of the Logit Model and Random Forest

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

Регрессия Шепли рассчитывает вклад каждой переменной в предсказание путем последовательного добавления переменных в модель. Этот метод позволяет оценить важность каждой переменной и понять, как они взаимодействуют друг с другом. Кроме того, регрессия Шепли позволяет решить проблему «черного ящика» в машинном обучении, когда сложно понять, какие именно переменные влияют на предсказание.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ «СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА» И ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ВАЛЮТНЫХ КРИЗИСОВ

В данной части исследования мы сравниваем результаты логистической регрессии и модели «случайного леса». В качестве главного показателя качества работы моделей будем использовать ROC-кривую, которая иллюстрирует баланс между ошибками первого и второго рода. Судя по рис. 2, ROC-кривая для модели «случайного леса» лежит немного выше графика для логистической регрессии. Это говорит о том, что модель «случайного леса» оказывается более эффективной для прогнозирования кризисов, чем логистическая регрессия, однако улучшение точности прогноза незначительно.

На рис. 3 представлены значения Шепли для определения наиболее значимых предикторов валютных кризисов. Исходя из полученных результатов, наиболее важными признаками являются мировые цены на нефть, реальный ВВП и банковские депозиты, при этом наименее значимыми оказываются международные резервы, торговый баланс и внутренний кредит.

В табл. 5 представлен окончательный набор предикторов, которые оказываются значимыми для прогнозирования валютных кризисов в развивающихся странах, отобранных согласно логит-модели и модели «случайного леса».

ВЫВОДЫ

В данной работе было проведено исследование по выявлению опережающих индикаторов для прогнозирования валютных кризисов в развивающихся странах.

Исходный набор переменных был взят из модели KLR и затем дополнен другими значимыми переменными из эмпирических исследований. Также в набор объясняющих переменных были включены глобальные факторы, в частности мировые цены на нефть и индекс доллара.

Основная методология исследования — логистическая регрессия и модель «случайного леса».

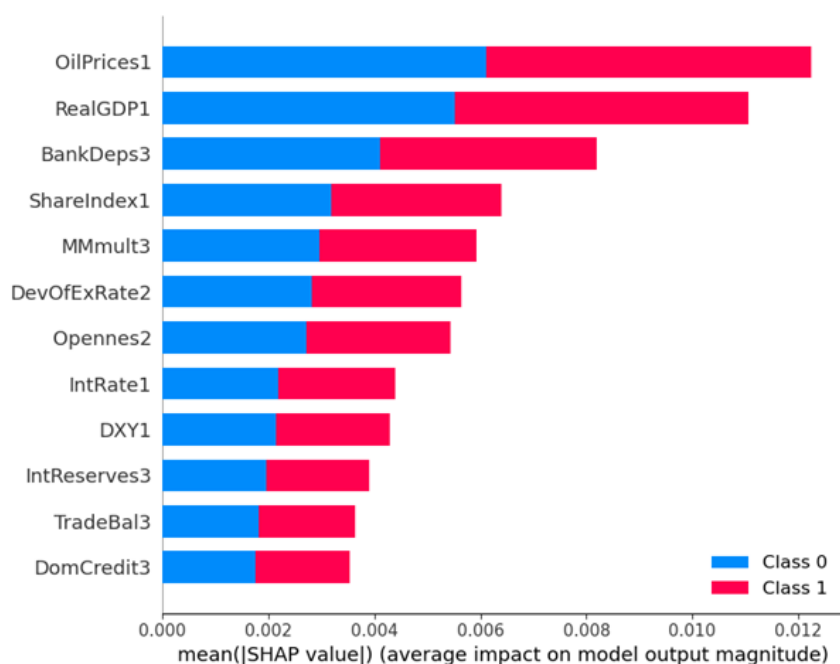


Рис. 3 / Fig. 3. Ранжирование переменных по степени важности на основе значений Шепли / Variable Importance Ranking Based on Shapley Values

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

Таблица 5 / Table 5

Значимые предикторы для прогнозирования валютных кризисов в развивающихся странах / Relevant Predictors for Currency Crises in Developing Countries

Переменная / Variable	Логит / Logit	Случайный лес / Random Forest
Валютный кризис (CurrencyCrisis)		
M2 мультипликатор (MMmult)		**
Внутренний кредит (DomCredit)	***	
Депозиты коммерческих банков (BankDeps)	***	***
Отношение текущего счета к резервам (TradeBal)		
Переоценка реального обменного курса (DevOfExRate)		**
Международные резервы (IntReserves)		
Реальный ВВП (RealGDP)		***
Фондовый рынок (ShareIndex)		***
Открытость экономики (Opennes)		**
Реальная международная ставка процента (IntRate)		**
Индекс доллара (DXY)		
Мировые цены на нефть (OilPrices)	***	***

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

Примечание / Note: *** – значимость на уровне 1%; ** – значимость на уровне 5%.

Для сравнительной оценки предсказательной силы этих двух моделей использовалась ROC-кривая.

По результатам мы выявили, что модель «случайного леса» дает более точные прогнозы наступления валютных кризисов по сравнению с традиционно используемой для этих целей логистической регрессией.

Что касается набора опережающих индикаторов, то наиболее робастными для прогнозирования валютных кризисов оказались мировые цены на нефть и депозиты коммерческих банков — переменные, на значимость которых ука-

зывает и логит-регрессия, и модель «случайного леса». Таким образом, в данной работе проводится сравнение традиционного эконометрического подхода и метода машинного обучения для прогнозирования валютных кризисов и формируется итоговый набор предикторов, который может быть использован в системе опережающих индикаторов для развивающихся стран. Результаты показали, что среди «глобальных переменных» наиболее значимыми являются мировые цены на нефть, а среди страновых показателей лучше всего себя показали депозиты коммерческих банков.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Александру Петрову (НИУ ВШЭ) за сбор и обработку данных, а также подготовку литературного обзора. Статья подготовлена в рамках гранта Российского научного фонда (проект № 23-18-00756). Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация.

ACKNOWLEDGEMENT

The author expresses his gratitude to Alexander Petrov (HSE) for collecting and processing data, as well as preparing a literature review. The article was prepared as part of a grant from the Russian Science Foundation (project No. 23-18-00756). National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russian Federation.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Reinhart C., Rogoff K. The aftermath of financial crises. *The American Economic Review*. 2009;99(2):466–472. DOI: 10.1257/aer.99.2.466
2. Goldstein A. The political economy of global business: The case of the BRICs. *Global Policy*. 2013;4(2):162–172. DOI: 10.1111/1758–5899.12062
3. Eichengreen B., Rose A.K., Wyplosz C. Contagious currency crises: First tests. *The Scandinavian Journal of Economics*. 1996;98(4):463–484. DOI: 10.2307/3440879
4. Laeven L., Valencia F. Systemic banking crises database II. *IMF Economic Review*. 2020;68(2):307–361. DOI: 10.1057/s41308–020–00107–3
5. Balteanu I., Erce A. Linking bank crises and sovereign defaults: Evidence from emerging markets. *IMF Economic Review*. 2018;66(4):617–664. DOI: 10.1057/s41308–018–0066–4
6. Claessens S., Kose M.A. Financial crises: Explanations, types, and implications. IMF Working Paper. 2013;(28). URL: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2013/wp1328.pdf>
7. Kaminsky G., Lizondo S., Reinhart C. Leading indicators of currency crises. *IMF Staff Papers*. 1998;45(1):1–48. URL: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/staffp/1998/03–98/pdf/kaminsky.pdf>
8. Eijffinger S.C.W., Karataş B. Currency crises and monetary policy: A study on advanced and emerging economies. *Journal of International Money and Finance*. 2012;31(5):948–974. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2011.12.003
9. Eijffinger S.C.W., Karataş B. Three sisters: The interlinkage between sovereign debt, currency, and banking crises. *Journal of International Money and Finance*. 2023;131:102798. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2022.102798
10. Furceri D., Zdzienicka A. The consequences of banking crises for public debt. *International Finance*. 2012;15(3):289–307. DOI: 10.1111/j.1468–2362.2013.12003.x
11. Haugh D., Ollivaud P., Turner D. What drives sovereign risk premiums? OECD Economics Department Working Paper. 2009;(718). DOI: 10.1787/222675756166
12. Edison H.J. Do indicators of financial crises work? An evaluation of an early warning system. *International Journal of Finance & Economics*. 2003;8(1):11–53. DOI: 10.1002/ijfe.197

13. Lestano N.V., Jacobs J., Kuper G.H. Indicators of financial crises do work! An early-warning system for six Asian countries. University of Groningen. 2003. URL: <https://scispace.com/pdf/indicators-of-financial-crises-do-work-an-early-warning-1gj3l5xn0q.pdf>
14. Rose A.K., Spiegel M.M. Cross-country causes and consequences of the 2008 crisis: Early warning. *Japan and the World Economy*. 2012;24(1):1–16. DOI: 10.1016/j.japwor.2011.11.001
15. Babecký J., Havránek T., Matějů J., Rusnák M., Šmídková K., Vašíček B. Banking, debt, and currency crises in developed countries: Stylized facts and early warning indicators. *Journal of Financial Stability*. 2014;15:1–17. DOI: 10.1016/j.jfs.2014.07.001
16. Lizardo R.A., Mollick A.V. Oil price fluctuations and U.S. dollar exchange rates. *Energy Economics*. 2010;32(2):399–408. DOI: 10.1016/j.eneco.2009.10.005
17. Romelli D., Terra C., Vasconcelos E. Current account and real exchange rate changes: The impact of trade openness. *European Economic Review*. 2018;105:135–158. DOI: 10.1016/j.euroecorev.2018.03.009
18. Бекетнова Ю.М. Сравнительный анализ методов машинного обучения при идентификации признаков вовлеченности кредитных организаций и их клиентов в сомнительные операции. *Финансы: теория и практика*. 2021;25(5):186–199. DOI: 10.26794/2587–5671–2020–25–5–186–199
Beketnova Yu.M. Comparative analysis of machine learning methods to identify signs of suspicious transactions of credit institutions and their clients. *Finance: Theory and Practice*. 2021;25(5):186–199. DOI: 10.26794/2587–5671–2020–25–5–186–199
19. Junyu H. Prediction of financial crisis based on machine learning. In: 4th Int. conf. on business and information management (ICBIM 2020). (Rome, August 3–5, 2020). New York, NY: Association for Computing Machinery; 2020:71–75. DOI: 10.1145/3418653.341867
20. Караев А.К., Борисова О.В. Перспективные модели финансового прогнозирования доходов бюджета. *Финансы: теория и практика*. 2025;29(1):20–33. DOI: 10.26794/2587–5671–2025–29–1–20–33
Karaev A.K., Borisova O.V. Prospective models of financial forecasting of budget revenues. *Finance: Theory and Practice*. 2025;29(1):20–33. DOI: 10.26794/2587–5671–2025–29–1–20–33
21. Roy S.S., Chopra R., Lee K.C., Spampinato C., Mohammadi-ivatlood B. Random forest, gradient boosted machines and deep neural network for stock price forecasting: A comparative analysis on South Korean companies. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*. 2020;33(1):62–71. DOI: 10.1504/ijahuc.2020.104715
22. Tölö E. Predicting systemic financial crises with recurrent neural networks. *Journal of Financial Stability*. 2020;49:100746. DOI: 10.1016/j.jfs.2020.100746
23. Bussière M., Cheng G., Chinn M.D., Lisack N. For a few dollars more: Reserves and growth in times of crises. *Journal of International Money and Finance*. 2015;52:127–145. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2014.11.016
24. Meisenzahl R.R., Niepmann F., Schmidt-Eisenlohr T. The dollar and corporate borrowing costs. International Finance Discussion Paper. 2021;(1312). URL: <https://www.federalreserve.gov/econres/ifdp/files/ifdp1312.pdf>
25. Bluwstein K., Buckmann M., Joseph A., Kapadia S., Şimşek Ö. Credit growth, the yield curve and financial crisis prediction: Evidence from a machine learning approach. *Journal of International Economics*. 2023;145:103773. DOI: 10.1016/j.jinteco.2023.103773
26. Joseph A. Parametric inference with universal function approximators. Bank of England Working Paper. 2019;(784). DOI: 10.2139/ssrn.3351091

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR



Мария Александровна Щепелева — кандидат экономических наук, доцент, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Российская Федерация

Maria A. Shchepeleva — Cand. Sci. (Econ.), Assoc. Prof., National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-9107-3173>

mshchepeleva@hse.ru

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица / Table

Источники данных для используемых переменных / Data Sources for Relevant Variables

Переменная / Variable	Определение / Definition	Единица измерения / Unit
Валютный кризис (CurrencyCrisis)	Номинальный обменный курс (00ae IMF IFS)	Дамми-переменная
M2 мультипликатор (MMmult)	Денежная масса M2 (34 плюс 35 IMF IFS) по отношению к денежной базе (14 IMF IFS)	Процентное изменение
Внутренний кредит (DomCredit)	Внутренние претензии (строка 32 IMF IFS)	Процентное изменение
Депозиты коммерческих банков (BankDeps)	Переводные депозиты (24 плюс 25 IMF IFS), деленные на CPI	Процентное изменение
Отношение текущего счета к резервам (TradeBal)	Отношение экспорта за вычетом импорта (OECD Statistics) к международным резервам (1L IMF IFS)	Отношение к международным резервам
Переоценка реального обменного курса (DevOfExRate)	Отклонение номинального обменного курса (00ae IMF IFS), деленного на CPI, от тренда с использованием фильтра Ходрика-Прескотта (параметр 129000)	Процентное отклонение
Международные резервы (IntReserves)	Международные резервы (1L IMF IFS)	Процентное изменение
Реальный ВВП (RealGDP)	Номинальный ВВП (99B IMF IFS), деленный на ВВП дефлятор (99C IMF IFS)	Процентное изменение
Фондовый рынок (ShareIndex)	Совокупный индекс акций (OECD Statistics)	Процентное изменение
Открытость экономики (Opennes)	Отношение суммы экспорта и импорта (OECD Statistics) к номинальному ВВП (99B IMF IFS)	Отношение к ВВП
Реальная международная ставка процента (IntRate)	Ставка по федеральным фондам США за вычетом уровня инфляции в США (строки 60B и 64 IMF IFS)	Процентное изменение
Индекс доллара (DXY)	Индекс USD (Investing.com)	Процентное изменение
Мировые цены на нефть (OilPrices)	Brent Oil Futures (Investing.com)	Процентное изменение

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