

## Отзыв

председателя диссертационного совета на диссертацию Ци Дунфан на тему «Инвестиционная привлекательность и экологическая безопасность в Китае и Юго-Восточной Азии: эмпирические модели и анализ данных», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

**Актуальность темы исследования.** Диссертация посвящена исследованию ключевых факторов, определяющих экономическое развитие и экологическую устойчивость в Китае и Юго-Восточной Азии. К первой группе относятся показатели, отражающие экономическую привлекательность региона, такие как объем инвестиций, уровень безработицы, среднедушевой доход, оборот розничной торговли, задолженность по кредитам юридических лиц, расходы на научно-исследовательские работы и другие. Вторая группа включает в себя параметры, характеризующие качество воздуха, включая концентрацию диоксида серы, диоксида азота, твердых частиц PM2.5 и PM10, а также общее состояние атмосферы, такое как температура, относительная влажность и количество осадков. Определение ключевых показателей, оказывающих наиболее значительное влияние на экономическое развитие и экологическую устойчивость региона, представляет собой важную и актуальную задачу.

**Научная новизна.** Несмотря на то, что в диссертации в основном используются стандартные методы анализа показателей, характеризующих экономическую привлекательность и экологическую устойчивость региона, а также готовые решения, научная ценность работы, на мой взгляд, заключается в создании эконометрических моделей для конкретного географического региона, который имеет значительное влияние на мировую экономику и глобальную экологическую ситуацию. В работе также предлагаются методы анализа этих моделей, их содержательная интерпретация и выделение ключевых характеристик. Кроме того, в работе используются новые методы объясняемого искусственного интеллекта для оценки индивидуального вклада различных факторов. Это особенно важно для понимания ключевых факторов, которые оказывают значительное воздействие на экономическое развитие и экологическую устойчивость. В дальнейшем это может стать основой для принятия управленческих решений.

**Степень достоверности.** Основные результаты диссертации опубликованы в профильных научных журналах *Geography*, *Environment*, *Sustainability* и «Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления».

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Диссертация расширяет понимание ключевых факторов, влияющих на экономическое развитие и экологическую устойчивость в Китае и Юго-Восточной Азии. Практическая ценность работы заключается в анализе реальных экономических и экологических показателей и выявлении наиболее значимых из них. Более тонкий анализ на региональном уровне позволяет определить специфические особенности и характеристики, характерные для каждого региона.

**Содержание работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитируемой литературы.

В первой главе проводится анализ инвестиционной привлекательности Китая и стран АСЕАН-5 с использованием множественной линейной регрессии, проводя пошаговый отбор признаков с фокусом на  $t$ - и  $F$ -статистики.

Во второй главе анализ инвестиционной привлекательности Китая выполняется более тонким образом, исследуя отдельные эмпирические связи внутри схожих по показателям провинций.

В третьей главе рассматриваются эконометрические модели для анализа индекса качества воздуха, также применяя метод множественной линейной регрессии и осуществляя пошаговый отбор ключевых признаков.

В четвертой главе предлагается оценивать качество воздуха с помощью методов машинного обучения, таких как ANN, RNN, LSTM, GRU, Bi-RNN, Bi-LSTM и Bi-GRU, с последующим обсуждением качества их аппроксимации и сравнением с моделями множественной линейной регрессии.

В пятой главе используются ансамблевые методы обучения для оценки качества воздуха, такие как XGBoost, LightGBM и CatBoost. Также рассматриваются подходы к объясняемому искусственному интеллекту, которые позволяют интерпретировать результаты. В частности, применяется методология SHAP, которая помогает понять, насколько сильно каждый признак влияет на общий прогноз.

Отмечу ряд **замечаний** и **комментариев**.

1. Основное замечание касается общей методологии исследования. Несмотря на временной характер анализируемых показателей, их анализ проводится отдельно для каждого года, без учета совокупной динамики изменения. Так вместо одной эконометрической модели, описывающей динамическую эмпирическую связь показателей, предлагается набор отдельных моделей для каждого года, каждая из которых имеет свою совокупность значимых признаков.

В работе не обсуждается подробно, как использовать такой набор моделей на практике. Несомненно их анализ позволит объяснить те или иные процессы в прошлом, но возможно ли (и каким образом) использование построенных эмпирических зависимостей для прогнозирования анализируемых показателей в будущем? Этот вопрос одинаково справедлив для анализа инвестиционной привлекательности Китая и стран АСЕАН-5, а также качества воздуха по показателю AQI.

2. В качестве источника данных используются Национальный статистический годовой отчет Китая и базы данных Всемирного банка. На стр. 27 русскоязычной версии диссертации отмечается необходимость *провести очистку данных и обработку выбросов, чтобы обеспечить точность и надежность данных, а также удалить возможные выбросы*. В чем могут быть причины неточности и ненадежности информации, предоставляемой официальными источниками? Методология обработки выбросов в работе четко не описана.
3. В главе 1 для оценки инвестиционной привлекательности Китая строятся отдельные модели, которые представляют собой временные срезы по провинциям. В качестве наблюдений используются показатели этих провинций за один конкретный год. Однако, проделывая то же самое для стран АСЕАН-5, строятся отдельные модели для каждой страны, где в качестве наблюдений используются годовые показатели этой страны за определенный период времени. Почему применяются разные подходы?

4. В главе 1 рассматриваются показатели по 26 провинциям Китая, а в главе 3 — уже по 31 провинции. С чем это связано?
5. На стр. 32 русскоязычной версии указывается, что используется десять годовых периодов ( $t = 1, \dots, 10$ ), хотя в таблице 1.1 их одиннадцать. Данные за 2018 год не используются для оценки инвестиционной привлекательности Китая.
6. Ни экономические показатели, ни показатели, используемые для оценки качества воздуха, не сопровождаются единицами измерения. Не приводится сводная информация качества предлагаемых эмпирических связей (например,  $t$ - и  $F$ -статистики) после исключения незначимых переменных.
7. Индекс качества воздуха AQI рассчитывается по определенной схеме: <https://document.airnow.gov/technical-assistance-document-for-the-reporting-of-daily-air-quality.pdf>. Для чего нужно его аппроксимировать линейной связью при существующей точной методике расчета?
8. В главе 4 анализируется динамика PM2.5, не учитывая другие показатели. Стоит отметить, что концентрация мелких частиц в воздухе должна измеряться в определенном месте, но оно не указано. Отсутствует ссылка на источник данных.
9. Полные исходные наборы данных не предоставляются, что затрудняет самостоятельное воспроизведение предложенной методологии и проверку результатов исследования.
10. Построенные модели имеют очень низкий показатель средней относительной ошибки. Может ли это указывать на переобучение?
11. В главе 1 множественная регрессия была выполнена в Excel, в главе 2 кластерный анализ проводился с использованием R, а в главах 3–5 анализ качества воздуха осуществлялся на Python. Почему?
12. В диссертации не указаны научные мероприятия, на которых были представлены ее результаты.

Диссертация Ци Дунфан на тему: «Инвестиционная привлекательность и экологическая безопасность в Китае и Юго-Восточной Азии: эмпирические модели и анализ данных» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете» соискатель Ци Дунфан заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Председатель диссертационного совета,  
Доктор физико-математических наук, доцент,  
профессор Кафедры математической теории игр  
и статистических решений Санкт-Петербургского  
государственного университета



А. А. Седаков

14 ноября 2024 г.