

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Литвиновича Андрея Витальевича 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 специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

### **Актуальность темы исследования**

В современном мире вопросы экономического развития и экологической устойчивости приобретают особую значимость. В условиях нарастающей урбанизации, экономических изменений и экологических вызовов научное сообщество сталкивается с необходимостью поиска новых методов для анализа и прогнозирования этих сложных процессов. Данная диссертация посвящена применению статистических методов и методов машинного обучения для решения важных региональных проблем — экономических и экологических. Экономическое развитие региона определяется множеством факторов, включая инвестиционную привлекательность и распределение ресурсов. Эти факторы имеют существенное практическое значение для разработки стратегий регионального развития и оптимального распределения инвестиций.

Качество воздуха является критическим элементом экологической устойчивости региона. Низкое качество воздуха влияет на здоровье населения и общую устойчивость экосистем. Исследование охватывает комплексное использование как традиционных статистических методов, так и современных методов машинного обучения для анализа и прогнозирования экономических и экологических процессов. Это не только способствует более глубокому пониманию данных явлений, но и предоставляет эффективные инструменты для принятия обоснованных решений в области устойчивого развития регионов. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью совершенствования методов анализа и прогнозирования в условиях быстроменяющегося мира.

### **Научная новизна**

В диссертации осуществляется сочетание традиционных статистических методов и современных методов машинного обучения для комплексного анализа экономических и экологических проблем. В отличие от большинства существующих исследований, которые используют либо только статистические методы, либо только методы машинного обучения, данное исследование демонстрирует междисциплинарный подход. Это позволяет получить более полное и глубокое понимание исследуемых явлений. Традиционные методы, такие как многофакторный линейный регрессионный анализ и кластерный анализ, обеспечивают надежную основу для выявления ключевых факторов, в то время как современные методы машинного обучения, включая ансамблевые модели и нейронные сети, предоставляют точные прогнозы и улучшают интерпретируемость моделей.

Одним из значимых аспектов исследования является его ориентация на разработку рекомендаций для политиков. Через детальный анализ экономических и экологических данных исследование предоставляет научно обоснованную поддержку для принятия решений, что способствует оптимизации распределения ресурсов и продвижению

устойчивого развития. В отличие от многих предыдущих исследований, которые ограничивались теоретическими выводами, данная работа ориентирована на практическое применение результатов.

### **Содержание работы**

Объем диссертации составляет 200 страниц на русском языке и включает введение, пять глав, заключение и библиографию из 103 наименований. В первых двух главах рассмотрены экономические аспекты, связанные с инвестиционной привлекательностью региона. **Первая глава** посвящена моделированию с использованием многомерной линейной регрессии и пошагового регрессионного анализа для выявления основных факторов (доход на душу населения). **Во второй** главе использован кластерный анализ для группировки данных и дальнейшего моделирования для каждой группы. В третьей, четвертой и пятой главах изучено качество воздуха. **В третьей главе** проведен анализ с использованием многомерной линейной регрессии и пошагового анализа, выявлены основные факторы (SO<sub>2</sub>). **В четвертой главе** использованы нейронные сети (ANN, RNN, LSTM, GRU, Bi-RNN, Bi-LSTM, Bi-GRU) для прогноза качества воздуха, где модель Bi-RNN показала наивысшую точность. **В пятой главе** используется три модели ансамблевого моделирования для прогнозирования временных рядов качества воздуха на одном и том же наборе данных. Результаты прогноза показывают, что модель LightGBM обладает наивысшей точностью и эффективностью, что делает её оптимальной моделью для прогнозирования качества воздуха. Поскольку модели машинного обучения являются "черными ящиками", для лучшего анализа данных используется величина SHAP, чтобы усилить интерпретируемость моделей машинного обучения.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Теоретическая значимость работы заключается в разработке новых подходов к анализу экономических и экологических факторов, влияющих на развитие регионов, с использованием статистических методов и методов машинного обучения. В частности, исследование представляет собой ценное дополнение к существующей литературе по региональной экономике и экологии, предлагая комплексные модели, которые позволяют более точно и подробно изучить взаимосвязи между ключевыми факторами. Практическая значимость исследования заключается в возможности применения полученных результатов для улучшения инвестиционной политики и экологического мониторинга, что способствует устойчивому развитию регионов. Результаты анализа инвестиционной привлекательности могут служить основой для разработки эффективных стратегий привлечения инвестиций, оптимизации использования ресурсов и повышения экономической стабильности региона. Выделение ключевых факторов, влияющих на экономическое развитие, таких как доход на душу населения и стоимость основных средств, позволяет лучше направлять усилия на наиболее значимые области. В сфере экологического мониторинга исследование предоставляет точные методы предсказания качества воздуха, что имеет критическое значение для здоровья населения и общей экологической устойчивости региона.

### **Степень достоверности**

Теоретическая и экспериментальная части диссертации подверглись строгому анализу. Результаты исследования Ци Дунфана были опубликованы в соответствующих

