

Секция «43.16 Экономика устойчивого развития: природопользование, энергетика, бизнес»

Построение системы индикаторов устойчивого развития с помощью автоматизированных методик и методов машинного обучения

Заявка № 1669582

Проблема исследования заключается в отсутствии общепризнанного научно обоснованного метода построения системы индикаторов устойчивого развития, который не был бы подвержен субъективности при отборе показателей, назначении их весов и формировании порогов устойчивости. При этом существующие системы индикаторов могут не передавать всей комплексности феномена устойчивости и сложности связей между показателями. В настоящее время индикаторы объединяют в различные структуры, например, «давление-состояние-реакция» (ДСР), которая применяется в первую очередь для показателей в сфере охраны окружающей среды. Однако ДСР-структура критикуется за игнорирование системного характера феномена устойчивости и упрощение спектра взаимосвязей между показателями комплексных динамических систем, так как зависимости между воздействием и производимым эффектом, представляемые в ДСР как линейные, в действительности сложные и нелинейные. Кроме того, динамика взаимосвязей между компонентами устойчивого развития включает в себя ряд взаимодействий между обществом и окружающей средой, для которых причинно-следственные связи могут быть прямыми, косвенными, нелинейными, а также обладать синергетическими эффектами [5].

Если же смотреть на устойчивость как на выполнение некоторых минимальных условий (например, развитие в заданных пределах – внутри планетарных границ с обеспечением достойного уровня жизни), то вследствие множественности этих условий многокритериальный анализ может рассматриваться как полезный оперативный инструмент для разработки региональной политики устойчивого развития [3]. Таким образом, из сложности системы устойчивого развития региона с нелинейными связями, лежащими в основе взаимодействий подсистем, и разнообразия критических условий устойчивости, следует необходимость совместного применения нескольких методов для построения обоснованной системы индикаторов. Для повышения объективности при построении систем индикаторов и их последующем использовании для оценки устойчивости могут применяться различные методы машинного обучения. Более подходящими представляются методы обучения с учителем (контролируемого обучения), требующие размеченных выходных данных, сопоставленных со входами, связи между которыми будут определяться автоматизированно.

Преимущества гибридного подхода (сочетающего использование традиционных методов оценки и методов машинного обучения), такие как повышение достоверности, робастности и точности результатов, были показаны различными исследованиями [2]. Например, при выборе устойчивых поставщиков точность прогнозов на основе мониторинга их текущей деятельности может быть повышена до 92,8% при сочетании анализа среды функционирования (DEA) с таким методом машинного обучения, как искусственная нейронная сеть (ANN) [4]. Кроме того, совместное использование автоматизированных методик было ранее апробировано автором при ESG-рейтинговании регионов России, для которого рассчитывались абсолютная (с помощью обобщенного модифицированного метода главных компонент – PCA) и относительная (по методу DEA) эффективности. Последняя рассчитывалась по двум спецификациям – G-движимой (единственный вход – блок G, выходы – E и S) и E-ориентированной, близкой к концепции сильной устойчивости (входы – G, S, выход – E).

Данный двухкритериальный подход позволил разделить регионы на четыре уровня устойчивости в зависимости от сводной ESG-оценки с автоматизированным подбором ве-

сов по методу РСА и эффективности региональной политики в области устойчивого развития, рассчитанной методом DEA. При этом деление регионов на группы не является основной целью при оценке устойчивости, но может быть полезно для унификации этой оценки и удобства сравнения регионов (определения как внутригрупповых различий, так и особенностей отдельных кластеров). Авторское разделение по уровням сравнивается с результатами кластерного анализа и с другими региональными классификациями, например, с приведенной в статье [1], в которой также оценивается сбалансированность развития регионов.

Итак, выделяемые внутри системы индикаторов подсистемы устойчивого развития не должны быть изолированы друг от друга. Расчет эффективности регионального управления с помощью автоматизированных методов (например, DEA) будет производиться в том числе через подбор соотношений между подсистемами (блоками) устойчивого развития. Более того, сочетание методов расчета эффективности с машинным обучением, используемым для моделирования сложных, нелинейных связей между показателями, позволит построить связную систему индикаторов, учитывающую комплексные связи между составляющими устойчивого развития. Кроме того, многоуровневый характер устойчивости может быть смоделирован с использованием гибридных методов, чтобы снизить влияние недостатков отдельных методик. Так, для формулировки критериев устойчивости метод машинного обучения (дерево решений) может быть применен к результатам расчета эффективности по методу DEA.

Источники и литература

- 1) Яковлева Е.Ю., Барабошкина А.В., Диденко М.П. Стратегии реализации национальных целей развития регионами России и оценка степени их достижения // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2025. Том 60. №. 6. С. 3-31.
- 2) Gidiagba J., Tartibu L., Okwu M. A systematic review of machine learning applications in sustainable supplier selection // Decision Analytics Journal. 2025. Vol. 14. 100547.
- 3) Siwar C., Islam R. Concepts, approach and indicators for sustainable regional development // Advances in Environmental Biology. 2012. Vol. 6. №. 3. P. 967-980.
- 4) Wahyudi S., Asrol M. Designing a supplier evaluation model in the cheese industry using hybrid method // Academic Journal of Manufacturing Engineering. 2022. Vol. 20. P. 27-35.
- 5) Winograd M., Farrow A. Sustainable development indicators for decision making: concepts, methods, definition and use // Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). 2004.