

УДК 338.27

ББК: 65.05

***КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭКОНОМИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ***

Мальтин О. В.

*Соискатель Высшей школы производственного менеджмента, Институт
промышленного менеджмента, экономики и торговли,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Аннотация

В современных экономических условиях возрастает роль инструментов и методов, основанных на новейших достижениях в сфере математических методов анализа и интерпретации данных, включая методы искусственного интеллекта. При этом возрастает потребность в понимании эффективности данных методов, а также в выборе критериев эффективности того или иного математического метода, в зависимости от типа и свойств решаемой экономической задачи. В данной работе выполнен анализ основных критериев эффективности математических методов, их применимости к современным методам искусственного интеллекта. В работе рассмотрены следующие критерии эффективности методов: точность, производительность, надежность, масштабируемость, устойчивость, сложность, гибкость и стоимость. В качестве методов искусственного интеллекта рассмотрены следующие: машинное обучение, глубокое обучение, обработка естественного языка, экспертные системы, кластеризация и анализ данных, искусственные нейронные сети. Выполнена оценка относительной эффективности методов искусственного интеллекта по восьми выбранным критериям эффективности, по трёхбалльной шкале. Проанализированы также часто используемые критерии эффективности Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

методов искусственного интеллекта и проведено рассмотрение альтернативных критериев оценки эффективности применения методов.

Ключевые слова: критерии и метрики оценки эффективности, методы искусственного интеллекта, машинное обучение, глубокое обучение, обработка естественного языка, экспертные системы, кластеризация и анализ данных, искусственные нейронные сети

CRITERIA FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN ECONOMIC RESEARCH

Maltin O. V.

Candidate of the Higher School of Industrial Management, Institute of Industrial Management, Economics and Trade,

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,

St. Petersburg, Russia

Abstract

In modern economic conditions, the role of tools and methods based on the latest achievements in the field of mathematical methods of data analysis and interpretation, including artificial intelligence methods, is increasing. At the same time, there is an increasing need to understand the effectiveness of these methods, as well as to select criteria for the effectiveness of a particular mathematical method, depending on the type and properties of the economic problem being solved. In this paper, the analysis of the main criteria for the effectiveness of mathematical methods and their applicability to modern methods of artificial intelligence is carried out. The paper considers the following criteria for the effectiveness of methods: accuracy, performance, reliability, scalability, stability, complexity, flexibility and cost. The following methods of artificial intelligence are considered: machine learning, deep learning, natural language processing, expert systems, clustering and data analysis,

artificial neural networks. The relative effectiveness of artificial intelligence methods was assessed according to eight selected efficiency criteria, on a three-point scale. The frequently used criteria for the effectiveness of artificial intelligence methods are also analyzed and alternative criteria for evaluating the effectiveness of the methods are considered.

Keywords: performance evaluation criteria and metrics, artificial intelligence methods, machine learning, deep learning, natural language processing, expert systems, clustering and data analysis, artificial neural networks

Введение

В современной экономике при бурном развитии и внедрении цифровых технологий в деятельность организации, также возрастает роль современных инструментов и методов обработки и анализа данных. При этом большую популярность имеют методы искусственного интеллекта за счет своих преимуществ в быстрой обработке и анализе больших объемов поступающих данных, и в нахождении скрытых закономерностей и трендов в поведении данных [4]. Исходя из вышеизложенного, важным фактором при выборе того или иного метода анализа данных выступает нахождение правильного критерия эффективности и расчет величины эффективности метода для решения поставленной задачи. В данной работе проводится анализ традиционных критериев эффективности инструментов анализа применительно к методам искусственного интеллекта, анализ часто применяемых критериев, а также проводится описание альтернативных критериев оценки эффективности метода в зависимости от потребности решаемой задачи [8; 9; 10].

Рассмотрим восемь основных (традиционных) критериев эффективности математических методов, их применимости к современным методам искусственного интеллекта, а именно следующие критерии: точность, производительность, надежность, масштабируемость, устойчивость, сложность, Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

гибкость и стоимость. Проанализируем основные свойства данных критериев эффективности.

Критерий «точность» для оценки эффективности математических методов, в общем случае основан на подсчёте доли правильно классифицированных случаев в зависимости от общего количества случаев. Критерий «производительность» оценивает скорость выполнения или обработки данных, измеряется в операциях в секунду или времени обработки на единицу данных. Также данный критерий может зависеть от спецификации задачи и включая такие параметры как время обработки и количество обработанных элементов в единицу времени. Критерий оценки эффективности «надёжность» характеризует способность метода давать согласованные результаты при повторных испытаниях или различных (меняющихся) условиях задачи, то есть характеризует стабильность результатов метода. Критерий «масштабируемость» анализирует способность метода эффективно обрабатывать все возрастающие объёмы данных, то есть является оценкой способности метода обрабатывать увеличивающиеся объёмы данных без потери производительности. Критерий оценки эффективности «устойчивость» оценивает способность метода справляться с ошибками и непредвиденными условиями во входных данных, то есть он характеризует работоспособность метода в условиях присутствия «шума» или ошибок в данных. Критерий «сложность» позволяет оценить уровень сложности используемого алгоритма или вычислительной задачи, также он может применяться для оценки временной и пространственной сложности метода. Он может включать оценку количества параметров, слоев в модели или сложность логики экспертной системы. Следующий критерий оценки эффективности «гибкость» показывает способность метода адаптироваться к различным новым условиям, задачам или требованиям, а также оценивает способность метода эффективно работать с различными типами данных и задачами. Заключительным критерием оценки эффективности методов является «стоимость», который характеризует объём ресурсов необходимый для

Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

реализации и эксплуатации метода, то есть он оценивает объем необходимых ресурсов во временных, финансовых и других терминах.

Рассмотрим теперь шесть методов искусственного интеллекта в контексте оценки их эффективности: машинное обучение, глубокое обучение (Deep Learning), обработка естественного языка (NLP), экспертные системы, кластеризация и анализ данных, искусственные нейронные сети.

Рассмотрим основные характеристики данных методов:

- машинное обучение использует математические алгоритмы для анализа данных и выявления закономерностей их поведения (использует такие алгоритмы как: линейная регрессия, деревья решений, случайный лес, SVM, k-NN);
- метод глубокого обучения — это подкласс методов машинного обучения, использующий сложным образом организованные нейронные сети для обучения данных (включая алгоритмы: свёрточные нейронные сети (CNN), рекуррентные нейронные сети (RNN));
- метод обработки естественного языка (NLP) анализирует и настраивает точное взаимодействие между компьютерами и человеческим языком (основан на алгоритмах: BERT, GPT, LSTM, Word2Vec);
- экспертные системы – являются компьютерными системами, имитирующими процесс принятия решений экспертом, либо экспертной группой (основаны на базах знаний, продукционных системах и методах нечеткой логики);
- методы кластеризации и анализа данных используют механизм разделения данных на группы (кластеры), по принципу схожести тех или иных параметров или признаков в рамках группы (включая алгоритмы: K-means, иерархическая кластеризация и DBSCAN);
- искусственные нейронные сети в основе своей направлены на имитацию работы человеческого мозга для обработки и анализа данных и создания

соответствующих моделей (например, используются алгоритмы: перцептрон, многослойный перцептрон и сети прямого распространения) [3].

При выборе одного из методов анализа данных из описанных выше необходимо руководствоваться видом решаемой задачи и типом начальных (входных) данных. К примеру, метод машинного обучения хорошо решает задачи классификации и регрессии, в тоже время метод глубокого обучения эффективно справляется с таким типом данных как изображения и хорошо работает с последовательностями данных. Метод обработки естественного языка сфокусирован на обработке и анализе всех особенностей человеческого языка, а экспертные системы используются для имитации решений, принимаемых человеком-экспертом в узкой профессиональной области. Метод кластеризации помогает выявить необходимые группы или кластеры в данных, в то время как метод искусственных нейронных сетей имеет очень широкую область применения от распознавания образов до прогнозирования временных рядов [1; 7].

В рамках данного исследования выполнен анализ представленных выше методов искусственного интеллекта и проведена оценка их по восьми критериям эффективности, по трёхбалльной шкале: низкая, средняя, высокая (см. таблица №1).

Таблица 1 - Оценка эффективности методов искусственного интеллекта по восьми критериям эффективности, выполненная по трёхбалльной шкале

Методы ИИ/ Критерии	Машинно е обучение	Глубокое обучение	NLP	Экспертн ые системы	Кластериз ация и анализ данных	Искусстве нные нейронные сети
Точность	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая
Производител ьность	Средняя	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Высокая
Надежность	Высокая	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя

Масштабируемость	Высокая	Высокая	Средняя	Низкая	Высокая	Высокая
Устойчивость	Средняя	Средняя	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя
Сложность	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая
Гибкость	Высокая	Средняя	Высокая	Низкая	Высокая	Средняя
Стоимость	Средняя	Высокая	Средняя	Низкая	Средняя	Высокая

Из анализа таблицы №1 следует, что все методы искусственного интеллекта имеют потенциально высокую точность, хотя это может варьироваться в зависимости от конкретной задачи и качества начальных данных. Методы глубокого обучения и кластеризации обычно требуют использования значительных вычислительных ресурсов, но при этом обеспечивают высокую производительность. Методы экспертных систем очень надежны в своей специализированной (узкой) области. Методы глубокого обучения и искусственные нейронные сети хорошо масштабируются с увеличением объема входных данных. Их устойчивость к ошибкам и непредвиденным начальным условиям варьируется в зависимости от применяемого метода и его конкретной реализации. Методы глубокого обучения и искусственные нейронные сети обладают более высокой сложностью своей организации своей структуры. Методы NLP и машинного обучения часто являются более гибкими в применении к различным задачам. Стоимость реализации и эксплуатации может быть высокой для метода глубокого обучения из-за необходимости использования значительных вычислительных ресурсов [2; 5; 6].

Также в рамках данного исследования выполнен анализ описанных выше методов искусственного интеллекта в зависимости от самых популярных (традиционных) критериев оценки их эффективности, также кратко проанализированы преимущества и недостатки методов (см. таблицу №2).

Таблица 2 – Сравнительная таблица методов искусственного интеллекта в зависимости самых используемых критериев оценки эффективности, их преимущества и недостатки

Методы ИИ	Критерии оценки эффективности	Преимущества	Недостатки
Машинное обучение	Точность предсказаний, время обучения модели	Высокая точность прогнозирования, адаптивность	Затраты времени на обучение, риск переобучения
Глубокое обучение	Точность классификации, скорость инференции	Эффективность в сложных задачах классификации	Требуются большие объемы данных и вычислительной мощности
Обработка естественного языка	Точность интерпретации текста, полнота анализа	Понимание и анализ естественного языка	Сложность обработки неструктурированных данных
Экспертные системы	Правильность выводов, время реакции системы	Способность к рассуждению на основе правил	Ограниченность в области применения, жесткость
Кластеризация и анализ данных	Точность кластеризации, полнота анализа	Эффективная сегментация и группировка данных	Трудности в интерпретации результатов кластеризации
Искусственные нейронные сети	Точность предсказаний, время обучения	Гибкость в решении разнообразных задач	Сложность настройки и требование больших данных

Примечание к таблице №2:

- точность предсказаний/классификации – это оценка, показывающая насколько точно модель ИИ, предсказывает или классифицирует данные;
- время обучения/инференции – это время, необходимое для обучения модели или для вычисления выводов на основе модели;
- правильность выводов – это степень, с которой выводы экспертной системы совпадают с реальными данными или экспертными оценками;

- точность интерпретации текста – это способность метода NLP корректно интерпретировать и обрабатывать естественный язык;
- точность кластеризации – это точность, с которой метод кластеризации корректно группирует данные.

Проанализируем результаты анализа по таблице 2.

При использовании метода машинного обучения в качестве основных критериев эффективности часто используют «точность предсказаний» и общее время обучения модели. При этом преимуществом метода является высокая точность прогнозирования, недостатками могут быть временные затраты на обучение модели и риск переобучения.

При использовании метода глубокого обучения в качестве основных критериев эффективности используют «точность классификации» и «скорость инференции» (скорость обучения модели). При этом преимуществом данного метода является высокая эффективность при решении сложных задач, а возможным недостатком является требование больших объёмов анализируемых данных, а также вычислительных мощностей.

При использовании метода обработки естественного языка в качестве основных критериев эффективности используют точность интерпретации текста и полноту анализа. Преимуществом данного метода является возможность понимания и анализа естественного языка (его закономерностей), а недостатком может выступать сложность обработки неструктурированных данных.

В методе экспертных систем в качестве основных критериев эффективности выступают правильность выводов системы и время реакции системы (время ответа). Преимуществом данного метода является «способность рассуждения» (корректная) на основе установленных правил, а возможным недостатком является ограниченность области применения метода и жесткость заданных правил (критериев).

При использовании метода кластеризации и анализа данных в качестве основного критерия своей эффективности используют точность кластеризации и Вектор экономики | www.vectoreconomy.ru | СМИ Эл № ФС 77-66790, ISSN 2500-3666

полноту анализа. При этом преимуществом данного метода является реализация эффективной сегментации и группировки данных, а возможным недостатком является трудность в интерпретации результатов кластеризации.

В методе искусственных нейронных сетей в качестве основных критериев эффективности методики выступают точность предсказания и время обучения сети. Преимуществом данного метода является гибкость в решении разнообразного круга задач, а возможным недостатком сложность в настройке и требование большого объема данных для обучения модели.

В дополнение к уже проанализированным критериям выше, рассмотрим шесть альтернативных критериев для оценки эффективности математических методов, а именно: простота реализации, интерпретируемость, генерализация, соответствие стандартам, масштабируемость времени выполнения.

Рассмотрим данные альтернативные критерии эффективности подробнее.

Критерий «простота реализации» описывает насколько легко разработать и настроить данный математический метод или алгоритм, он оценивается на основе времени разработки, уровня сложности кода и необходимости специализированных знаний для его реализации. Критерий «интерпретируемость» описывает степень понимания и объяснения работы алгоритма, оценивается по шкале насколько легко понять и объяснить результаты, получаемые данным методом. Критерий «генерализация» описывает способность метода давать точные результаты на различных наборах данных и в различных условиях, проводится тестирование метода на разнообразных данных и оценивается его эффективность и точность. Критерий «соответствие стандартам» описывает соответствие метода промышленным, национальным или международным стандартам, проводится проверка на соответствие установленным нормам и требованиям. Критерий «масштабируемость времени выполнения» описывает изменение времени выполнения метода в зависимости от увеличения объема анализируемых данных.

Эти альтернативные критерии могут быть особенно полезны при оценке математических методов и алгоритмов в различных контекстах и приложениях, где важны не только традиционные показатели, но и дополнительные аспекты, такие как простота использования, устойчивость и другие.

Вывод

В работе выполнено исследование восьми традиционных критериев эффективности математических методов, их применимости к современным методам искусственного интеллекта, а именно: точность, производительность, надежность, масштабируемость, устойчивость, сложность, гибкость и стоимость. Сделана оценка эффективности методов искусственного интеллекта по восьми критериям эффективности, выполненная по трёхбалльной шкале. По результатам оценки сделаны выводы, что все методы искусственного интеллекта имеют потенциально высокую точность, хотя это может варьироваться в зависимости от конкретной задачи и качества начальных данных. Методы глубокого обучения и кластеризации обычно требуют использования значительных вычислительных ресурсов, но при этом обеспечивают высокую производительность. Методы экспертных систем очень надежны в своей специализированной (узкой) области. Методы глубокого обучения и искусственные нейронные сети хорошо масштабируются с увеличением объема входных данных. В дополнение рассмотрены шесть альтернативных критериев для оценки эффективности математических методов: простота реализации, интерпретируемость, генерализация, соответствие стандартам, масштабируемость времени выполнения – использование которых важно при решении задач, опирающихся на другие аспекты эффективности.

Библиографический список:

1. Городнова Н.В. Применение искусственного интеллекта в бизнес-сфере: современное состояние и перспективы // Вопросы инновационной экономики. 2021. Т. 11. № 4. С. 1473-1492.

2. Дяковский П.Н., Бурыкин А.Д. Критерии оценки эффективности управления предприятием в кризисной ситуации // В сборнике: Интеллектуальный потенциал образовательной организации и социально-экономическое развитие региона. Материалы международной научно-практической конференции Академии МУБиНТ. 2018. С. 233-237.
3. Курников Д.С., Петров С.А. Использование нейронных сетей в экономике // *Juvenis Scientia*. 2017. № 6. С. 10-12.
4. Левушкина С.В., Елфимова Ю.М., Мирошниченко Р.В., Шуваев А.В. Методика количественного и качественного измерения устойчивого развития бизнес-структур // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 134. С. 760-770.
5. Лытнева Н.А. Современные методы и модели управления эффективностью промышленных предприятий // *Вестник ОрелГИЭТ*. 2014. № 1 (27). С. 43-48.
6. Марголин А.М. Пути совершенствования методов оценки эффективности государственных программ // *Экономическая политика*. 2018. Т. 13. № 6. С. 54-81.
7. Пройдаков Э.М. Современное состояние искусственного интеллекта // *Наукоевдческие исследования*. 2018. № 2018. С. 129-153.
8. Сафрончук М.В. Влияние цифровой трансформации на бизнес и деловую среду // *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2018. Т. 3. № 2. С. 38-44.
9. Сергеева И.Г., Чеботарь А.В., Харламов А.В. Оценка применения информационных технологий и систем в инновационной деятельности организации // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*. 2020. № 1 (121). С. 62-66.

10. Цветков В.Я. Комплементарность информационных ресурсов //
Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.
2016. № 2-2. С. 182-185.

Оригинальность 97%