

МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Яхшибаев Д.С¹, Шарипов Э.Ж¹

*Ташкентский университет информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хорезми*

Methods of applying artificial intelligence in mathematical modeling

Yaxshibayev D.S¹, Sharipov E.J¹

*Tashkent University of Information Technologies named after
Muhammad al-Khwarizmi*

Аннотация: Современные методы искусственного интеллекта (ИИ) значительно расширяют возможности математического моделирования в науке, технике и экономике. Эта статья посвящена основным подходам применения ИИ в задачах моделирования, таким как нейронные сети, генетические алгоритмы и методы машинного обучения. Рассматриваются преимущества, ограничения и перспективы использования ИИ в построении и оптимизации математических моделей.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, Математическое моделирование, Машинное обучение, Нейронные сети, Методы оптимизации, Регрессионные модели, Моделирование физических процессов, Генетические алгоритмы, Глубокое обучение, Дифференциальные уравнения, Компьютерное моделирование, Применение ИИ.

Abstract: Modern methods of artificial intelligence (AI) significantly expand the capabilities of mathematical modeling in science, engineering, and economics. This article is devoted to the main approaches to applying AI in modeling tasks, such as neural networks, genetic algorithms, and machine learning techniques. The advantages, limitations, and future prospects of using AI in the construction and optimization of mathematical models are considered.

Keywords: Artificial Intelligence, Mathematical Modeling, Machine Learning, Neural Networks, Optimization Methods, Regression Models, Physical Process Modeling, Genetic Algorithms, Deep Learning, Differential Equations, Computer Modeling, AI Applications

Введение

Математическое моделирование — это процесс описания реальных явлений с помощью уравнений и логических структур. Обычно это выглядит как:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = y$$

где x_i — входные параметры, а y — выходная величина. Однако при увеличении числа параметров и сложности связей аналитическое моделирование

становится затруднительным. Искусственный интеллект приходит на помощь именно в таких случаях.

Основные методы искусственного интеллекта в моделировании

1. Искусственные нейронные сети (ИНС)

ИНС моделируют поведение нелинейных систем по принципу:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right)$$

где:

- x_i — входные данные,
- w_i — веса,
- b — смещение (bias),
- f — активационная функция (например, ReLU, sigmoid, tanh).

Для моделирования физического процесса, например теплообмена, можно обучить нейросеть по экспериментальным данным, чтобы аппроксимировать уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \nabla^2 u$$

Где $u(x,t)$ — температура, α — коэффициент теплопроводности.

2. Машинное обучение (ML)

Машинное обучение может быть использовано для построения регрессионных моделей вида:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon$$

где:

- β_i — параметры модели,
- ε — шум (ошибка),
- y — предсказываемая переменная.

В задачах предсказания спроса, динамики населения, экологии — такие модели дают быструю оценку и позволяют выявить важнейшие факторы влияния.

3. Генетические алгоритмы (ГА)

ГА используются для поиска параметров, минимизирующих (или максимизирующих) функцию:

$$\min_{\vec{x}} f(\vec{x}) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Алгоритм включает:

- генерацию начальной популяции;
- скрещивание (crossover);
- мутацию;
- отбор лучших (fitness function).

Пример: оптимизация траектории робота с учётом препятствий и минимальной затратой энергии.

4. Метод опорных векторов (SVM)

Используется для разделения объектов в пространстве:

$$\text{найти } \vec{w}, b: y_i(\vec{w} \cdot \vec{x}_i + b) \geq 1$$

где $y_i \in \{-1, +1\}$ — метка класса. SVM широко применяется для распознавания образов и диагностики технических объектов.

5. Гибридные методы

Комбинация моделей ИИ и классических уравнений может выглядеть так:

$$y = \underbrace{f_{\text{аналитическая}}(x)}_{\text{теоретическая часть}} + \underbrace{f_{\text{ИИ}}(x)}_{\text{коррекция на основе данных}}$$

Пример: в аэродинамике основная модель берется из уравнений Навье-Стокса, а ИИ корректирует приближение в турбулентных зонах.

7. Модель химической реакции

Традиционная модель:

$$\frac{dC}{dt} = -kC^n$$

где:

- C — концентрация вещества,
- k — константа скорости,
- n — порядок реакции.

ИИ можно использовать, чтобы:

- аппроксимировать k и n по данным;
- предсказать изменение C(t) при новых условиях.

Результаты

В ходе анализа различных методов искусственного интеллекта (ИИ), применяемых в математическом моделировании, была составлена сравнительная таблица, отражающая их особенности, преимущества и ограничения.

Сравнительная таблица: Применение методов ИИ в моделировании

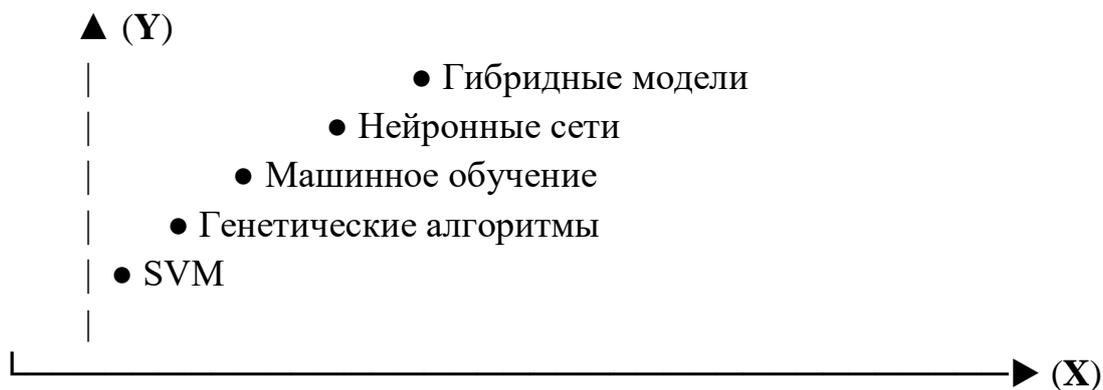
№	Метод	Основные области применения	Преимущества	Ограничения
1	Искусственные нейронные сети	Нелинейные системы, физические процессы	Гибкость, высокая аппроксимационная способность	Требуют больших данных и времени на обучение

2	Машинное обучение (ML)	Регрессионные задачи, прогноз, тренды	Быстрота вычислений, простота реализации	Ограниченная интерпретируемость, риск переобучения
3	Генетические алгоритмы (ГА)	Оптимизация параметров	Поиск глобального экстремума, устойчивость	Медленная сходимость, случайный характер решений
4	Метод опорных векторов (SVM)	Классификация, диагностика	Высокая точность на малых выборках	Плохо масштабируется на большие данные
5	Гибридные методы	Сложные системы, аэродинамика, химия	Повышенная точность, сохранение физической модели	Сложность интеграции, необходимость тонкой настройки

Связь между адаптивностью метода и широтой применения

Визуально сравнение методов можно представить на координатной плоскости:

- **Ось X** — уровень адаптивности (способность подстраиваться под данные)
- **Ось Y** — широта применения (в каких областях может использоваться)



Заключение

Применение методов искусственного интеллекта в математическом моделировании открывает новые горизонты для анализа сложных динамических систем, позволяя преодолевать ограничения традиционных аналитических подходов. Благодаря способности адаптивно обучаться по данным, ИИ-инструменты существенно повышают точность и гибкость моделей, делая их более пригодными для реального применения в науке, промышленности и экономике.

Наиболее перспективными направлениями дальнейших исследований являются:

- разработка гибридных моделей, совмещающих преимущества ИИ и традиционных математических методов;
- повышение интерпретируемости ИИ-моделей;
- оптимизация вычислительных ресурсов при обучении больших нейросетей;
- расширение применения ИИ в реальном времени, включая управление технологическими и биологическими процессами.

Таким образом, интеграция искусственного интеллекта в математическое моделирование представляет собой важный шаг в развитии современных научных и инженерных методов анализа и прогноза.

Список литературы:

1. Сайко В. И. *Искусственный интеллект: основы и применение*. — М.: Изд-во «Физматлит», 2020. — 352 с.
2. Клементьев А. В., Воронцов К. В. *Машинное обучение и анализ данных*. — М.: МЦНМО, 2021. — 416 с.
3. Гусев А. А., Куренков А. А. *Нейронные сети и глубокое обучение*. — СПб.: Питер, 2019. — 480 с.
4. Попов И. О. *Генетические алгоритмы и их применение в инженерных задачах*. — Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2020. — 228 с.
5. Хастие Т., Тибширани Р., Фридман Дж. *Элементы статистического обучения: интеллектуальный анализ данных, извлечение знаний и прогнозирование*. — М.: Вильямс, 2022. — 720 с.
6. Белов А. С. *Математическое моделирование: теория и практика*. — М.: КНОРУС, 2018. — 310 с.
7. Bishop C. M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. — Springer, 2006. — 738 p.
8. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. *Deep learning* // Nature. — 2015. — Vol. 521. — P. 436–444.
9. Goldberg D. E. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. — Addison-Wesley, 1989. — 432 p.
10. Vapnik V. *The Nature of Statistical Learning Theory*. — Springer, 1995. — 314 p.