

Д. О. Григорьев¹✉, А. В. Шаталов¹

Возможности применения искусственного интеллекта для проверки геодезических задач

¹ Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: grigorev17-09@mail.ru

Аннотация. Использование современных вычислительных средств и оборудования играет важную роль в развитии науки. Этот фактор является основным в вопросах трудоемкости, точности и скорости проведения работ и получения результатов. Перечисленные вопросы являются основополагающими в геодезии, и в данный момент решаются с использованием глобальных навигационных спутниковых систем, аэрофотосъемки и специализированных программных комплексов. В данной статье рассматривается применение искусственного интеллекта для решения геодезических задач.

Ключевые слова: искусственный интеллект, геодезические задачи, вычисления

D. O. Grigoriev¹✉, A. V. Shatalov¹

Possibilities of using artificial intelligence for verification of geodetic tasks

1 Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin),
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: grigorev17-09@mail.ru

Abstract. The use of modern computing tools and equipment plays an important role in the development of science. This factor is the main one in matters of labor intensity, accuracy and speed of work and obtaining results. The listed issues are fundamental in geodesy, and are currently solved using global navigation satellite systems, aerial photography and specialized software packages. This article discusses the use of artificial intelligence to solve geodetic problems.

Keywords: artificial intelligence, geodetic problems, calculations

Введение

Человек на протяжении многих веков и тысячелетий использует интеллектуальные способности и воображение для удовлетворения своих потребностей. Если говорить об этом в наши дни, то одной из первых мыслей становится искусственный интеллект – мечта о достижении недостижимых умственных высот для человека.

В качестве цели исследования было выбрано решение геодезических задач с использованием алгоритмов искусственного интеллекта (далее ИИ), т.к. геодезия полна математических операций и визуализаций, которые лучше всего подходят для оценки результатов работы ИИ. Камеральные работы в науке об измерениях на местности являются крайне трудоемкими и их облегчение с помощью ИИ способствовало бы достижению высокой скорости обработки результатов.

Методы и материалы

Искусственный интеллект – раздел компьютерных наук, занимающийся созданием машин и/или программ, имитирующих человеческий разум. На данный момент такие программы делят на 3 типа [1]: слабый – решающий одну конкретную задачу, сильный – обучается и принимает решения, и сверхинтеллект – ИИ, который умеет изобретать и творить самостоятельно (Narrow, General и Super AI). В данной работе был использован ИИ – известный многим ChatGPT. Данный продукт является генеративным чат-ботом на базе ИИ, т.е. эта программа способна обрабатывать принятые данные, с генерацией требуемого результата в виде текста, изображений, графиков и алгоритмов.

Важно отметить, что подобные исследования ранее ограничивались только использованием нейросетей, а не полноценного ИИ. Например, в геодезии нейросети уже занимаются «Компьютерным зрением» (распознавание, анализ и моделирование объектов на местности).

Компания Airbus Defence and Space активно использует компьютерное зрение для анализа спутниковых изображений и обнаружения изменений на поверхности Земли. Это позволяет им проводить мониторинг сельскохозяйственных угодий, лесов, городов и других объектов [2].

Компания Trimble предлагает решения для геопространственного моделирования и мониторинга, которые включают в себя компьютерное зрение для обработки данных из различных источников, таких как дроны, спутники и лазерное сканирование. Они помогают в создании точных цифровых моделей местности и объектов [2].

Google Earth Engine использует компьютерное зрение для обработки и анализа огромного объема геопространственных данных, собранных с помощью спутников [2]. Они предоставляют инструменты для изучения изменений на поверхности Земли, мониторинга климатических изменений и других геодезических задач. Эти компании и проекты демонстрируют важность и потенциал компьютерного зрения в геодезических изысканиях, а также его применение для решения сложных задач в области картографии, мониторинга окружающей среды и планирования градостроительства.

Нейросеть – программа, которая обрабатывает данные с помощью заранее установленной математической модели, подобно нейронам в мозге человека. Нейросети имеют классификацию, отражающую алгоритм их работы и формат получаемых данных, что в свою очередь позволяет использовать различный набор нейросетей для решения конкретной задачи. На таком наборе и строится база ИИ. Как человек обладает органами чувств и по-разному воспринимает разные типы информации, так и ИИ обрабатывает данные исходя из подходящей для этого нейросети.

Избранный для данной работы ChatGPT использует набор из трех основных нейросетей:

- нейросети GPT для работы с текстовыми данными;
- нейросети DALL-E для генерации изображений;

– нейросети, которая умеет распознавать картинки [3].

Данные нейросети полностью удовлетворяют цели работы, а именно алгоритмизация и визуализация.

В данной работе принята попытка применения ИИ при проверке различных геодезических задач и возможности дальнейшего использования в процессе изучения инженерной геодезии.

Базовым знанием в геодезии является решение прямой и обратной геодезических задач. Их сущность заключается в нахождении координат используя длину линии и дирекционный угол (прямая) или длину линии и дирекционный угол с помощью координат (обратная) [4]. Для примера в таблице 1 представлены исходные данные для прямой и обратной геодезических задач, а также их решения с использованием калькулятора.

Таблица 1

Данные для решения геодезических задач

Прямая геодезическая задача	Обратная геодезическая задача
Исходные данные: $X_A = +356,66 \text{ м}$ $Y_A = +744,42 \text{ м}$ $\alpha = 355^\circ 55,3'$ $d = 141,75 \text{ м}$ Найти координаты точки В (X_B, Y_B). Ответы: $X_B = 498,05 \text{ м}$; $Y_B = 734,34 \text{ м}$	Исходные данные: $X_A = +498,05 \text{ м}$ $Y_A = +734,35 \text{ м}$ $X_B = +399,12 \text{ м}$ $Y_B = +777,63 \text{ м}$ Найти длину линии А-В (d_{A-B}) и дирекционный угол α_{A-B} Ответы: $d_{A-B} = 107,98 \text{ м}$; $\alpha_{A-B} = 336^\circ 22,2'$

На рис. 1, 2 показано решение этих двух задач, полученное от ChatGPT

Прямая геодезическая задача

Исходные данные:
 $X_A = +356,66 \text{ м}$
 $Y_A = +744,42 \text{ м}$
 $\alpha = 355^\circ 55,3'$
 $d = 141,75 \text{ м}$
 Найти координаты точки В (X_B , Y_B).

Решить прямую геодезическую задачу

Для решения прямой геодезической задачи необходимо вычислить координаты точки В (X_B , Y_B) по следующим формулам:

$$X_B = X_A + d \cdot \cos \alpha$$

$$Y_B = Y_A + d \cdot \sin \alpha$$

Где:

- $X_A = 356,66 \text{ м}$ и $Y_A = 744,42 \text{ м}$ — координаты точки А;
- $d = 141,75 \text{ м}$ — длина линии;
- $\alpha = 355^\circ 55,3'$ — дирекционный угол, который необходимо перевести в десятичные градусы и радианы для расчетов.

1. Преобразуем угол:
 $\alpha = 355^\circ + \frac{55,3}{60} = 355,9217^\circ$
 Переводим угол в радианы:
 $\alpha = 355,9217 \cdot \frac{\pi}{180}$

ChatGPT

2. Подставляем значения в формулы для расчета.

Выполним вычисления.

Координаты точки В равны:

$X_B = 498,05 \text{ м}$, $Y_B = 734,34 \text{ м}$.

Рис. 1. Пример решения прямой геодезической задачи с использованием ИИ

Обратная геодезическая задача

Исходные данные:

$X_A = +498,05$ м
 $Y_A = +734,35$ м
 $X_B = +399,12$ м
 $Y_B = +777,63$ м

Найти длину линии A-B (d_{A-B}) и дирекционный угол α_{A-B} .

Решить обратную геодезическую задачу

Для решения обратной геодезической задачи нужно найти длину линии d_{A-B} и дирекционный угол α_{A-B} .

Формулы:

- Длина линии:

$$d_{A-B} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$$
- Дирекционный угол:

$$\alpha_{A-B} = \arctan\left(\frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}\right)$$

Если $X_B < X_A$, добавляем 180° к углу, чтобы угол находился в диапазоне $[0^\circ, 360^\circ]$.

Исходные данные:

- $X_A = 498,05$ м, $Y_A = 734,35$ м,
- $X_B = 399,12$ м, $Y_B = 777,63$ м.

Выполним вычисления.

Результаты решения обратной геодезической задачи:

- Длина линии $d_{A-B} = 107,98$ м,
- Дирекционный угол $\alpha_{A-B} = 156^\circ 22' 17''$ (в десятичных градусах: $156,37^\circ$). (-)

Правильные ответы должны были получиться такие: длина линии A-B = 108,00 и дирекционный угол = 336 градусов 22 минуты 2 секунды. Проведи анализ и найди ошибку в своих расчетах

Давайте проведем анализ:

- Проверка длины линии d_{A-B} :**
 - Формула $d_{A-B} = \sqrt{(X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2}$ была применена верно.
 - Однако результат получился 107,98 м, а верный ответ 108,00 м. Возможно, ошибка связана с округлением. Я проверю это.
- Проверка дирекционного угла α_{A-B} :**
 - Дирекционный угол вычисляется через $\arctan$ с использованием разностей координат.
 - Угол $\alpha_{A-B} = 156,37^\circ$ был получен, но вы утверждаете, что он должен быть $336^\circ 22' 2''$. Это указывает на ошибку в интерпретации угла в зависимости от квадранта:
 - При вычислении угла важно учитывать знаки разностей координат ($X_B - X_A$ и $Y_B - Y_A$), чтобы корректно определить угол в диапазоне $[0^\circ, 360^\circ]$.

Перепроверим оба аспекта с учетом точного округления и правильной интерпретации квадранта.

Анализ выявил следующие моменты:

- Длина линии:** После округления до сотых длина d_{A-B} составляет 107,98 м, что практически совпадает с вашим ожидаемым результатом 108,00 м. Разница в 0,02 м может быть связана с правилами округления.
- Дирекционный угол:** После корректировки интерпретации квадранта и приведения угла к диапазону $[0^\circ, 360^\circ]$, угол составил $336,37^\circ$. Этот результат близок к указанному вами $336^\circ 22' 2''$, если учитывать разницу в округлении.

Ошибка была в интерпретации квадранта. Первоначально был определен угол $156^\circ 22'$, но при переходе в 4-й квадрант необходимо было добавить 180° или использовать полное приведение угла. (-)

Рис. 2. Пример решения обратной геодезической задачи с использованием ИИ

Исходные данные корректно определены программой. Прямая геодезическая задача была решена ChatGPT без ошибок, с учетом погрешности округлений. Обратная геодезическая задача изначально была решена с ошибкой, которая появилась еще на стадии определения алгоритма. Но после указания оператора ИИ самостоятельно перепроверил некорректные данные. Также важно отметить тот факт, что оператор заведомо указал неверный ответ (близкое к истинному

значение длины линии и значение угла в $336^{\circ}22'2''$, а не $336^{\circ}22,2'$), для проверки того факта, что алгоритм ИИ действительно пересмотрит свои вычисления и не будет ориентироваться на указанные верные ответы. С учетом всех этих факторов ChatGPT с геодезическими задачами справился хорошо. С возникшими трудностями можно справиться с помощью качественного анализа результата оператором.

Следующей задачей для проверки была «построение плана в горизонталях» по результатам нивелирования поверхности. Для построения плана на местности была разбита сетка квадратов со стороной 20 м, затем все вершины были пронивелированы и были вычислены отметки [5].

Для построения такого плана с использованием ИИ предварительно был создан каталог координат (см. рис. 3) и затем подгружен в ChatGPT. В результате на рис. 4 была получена топографическая поверхность.

Построй топографическую поверхность по координатам, которые я тебе скину. Также проводи горизонтали с шагом 0,5м.

1	500.000	500.000	129.620
2	500.000	520.000	129.680
3	500.000	540.000	129.420
4	500.000	560.000	128.770
5	480.000	560.000	129.180
6	480.000	540.000	130.140
7	480.000	520.000	131.000
8	480.000	500.000	130.140
9	460.000	500.000	129.450
10	460.000	520.000	129.700
11	460.000	540.000	129.460
12	460.000	560.000	128.970
13	440.000	560.000	128.420
14	440.000	540.000	128.620
15	440.000	520.000	128.670
16	440.000	500.000	128.520

Рис. 3. Каталог координат вершин квадратов

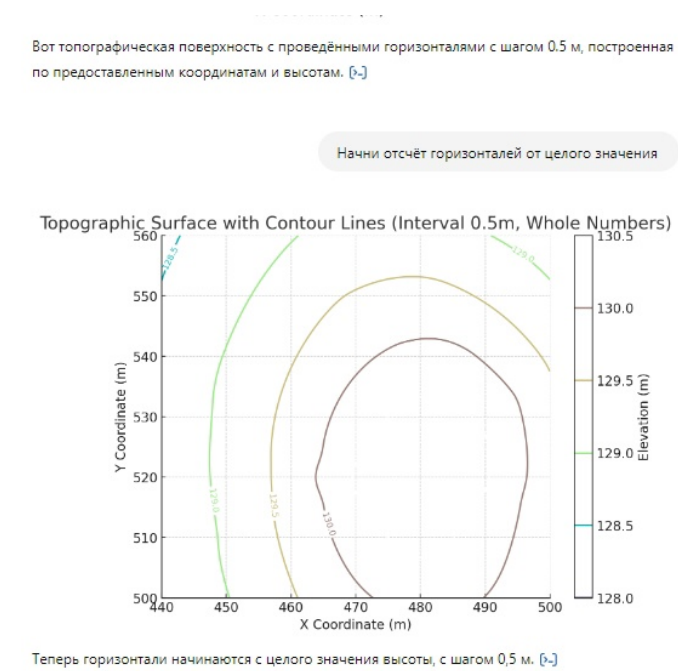


Рис. 4. Построенная топографическая поверхность с использованием ChatGPT

Анализируя полученный результат, можно сделать вывод, что ИИ при построении поверхности координатные оси расположил не как в геодезии, а как в математике. После дополнительной корректировки, план был развернут. К сожалению – на данный момент ИИ не обладает функцией генерации 3D объектов, поэтому получить модель не представляется возможным.

Заключение

Искусственный интеллект справился со всеми рассматриваемыми задачами, но только при помощи оператора. На данный момент его функционал в технической сфере направлен на ускорение вычисления и удобство работы с информацией. Использование не предназначенного для вычислений ИИ дало положительные результаты. Но даже при возникших проблемах, при грамотном подходе специалиста, можно значительно сократить трудозатраты и сократить риск ошибок при вычислениях.

Данная технология имеет огромный потенциал в технической сфере. Развитие программы и устранение сложностей позволит значительно улучшить производительность труда, сократить количество времени при обработке данных и расширить границы возможностей геодезии в визуализации результатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 59277—2020 Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта : государственный стандарт Российской Федерации: издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 декабря 2020 г. No 1372-ст : введен впервые : дата введения 2020–12–23. – Москва : Стандартинформ, 2021. – 16 с. – Текст : непосредственный.
2. Геодезические изыскания под управлением ИИ. – Текст : электронный. – URL: <https://sppi.ooo/blog/inzhenernye-izyskaniya/-geodezicheskie-izyskaniya-pod-upravleniem-ii-osobennosti-tehnologii> (дата обращения 01.03.2025). – Режим доступа: свободный.
3. В чем разница между ИИ и нейросетью: объясняем простыми словами. – Текст : электронный. – URL: <https://www.unisender.com/ru/blog/v-chem-raznica-mezhdu-ii-i-nejrosetyu/> (дата обращения 01.03.2025). – Режим доступа: свободный.
4. Поклад Г.Г., Гриднев С.П., Геодезия: Учебное пособие для вузов. – М.: Академический Проект, 2007. – 592 с.: ил.
5. Попов В. Н., Чекалин С. И. Геодезия: Учебник для вузов. – М.: «Горная книга», 2007. – 518 с.

© Д. О. Григорьев, А. В. Шаталов, 2025