

## МАТЕМАТИКА – ЭТО МОЗГ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Н.Дж. Джарматова, А. Калыбек

(Научный руков: канд. ф.-м.наук, доцент Г. М. Борбоева)

Ошский государственный университет. Институт математики, физики, техники  
и информационных технологий.

Студенты 3 курса,

Email: [nurzidadzarmatova@gmail.com](mailto:nurzidadzarmatova@gmail.com)

[xhaydue@gmail.com](mailto:xhaydue@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20215142>

**Аннотация.** В данной статье на примерах FaceID, системы обнаружения банковского мошенничества, навигационных систем и роботов-пылесосов показано, что «интеллект» искусственного интеллекта основан исключительно на математических вычислениях. Был проанализирован и реализован математический механизм работы.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, математические вычисления, евклидово расстояние, FaceID, Eigenface, алгоритм Дейкстры, обнаружение движения, обнаружение препятствий, пороговое значение, затухание сигнала, робот-пылесос, обнаружение банковского мошенничества, линейная алгебра.

**Abstract.** This article demonstrates, using examples from FaceID, banking fraud detection, navigation systems, and robot vacuum cleaners, that the “intelligence” of Artificial Intelligence is based solely on mathematical calculations. The mathematical mechanism of operation was analyzed and implemented.

**Keywords:** artificial intelligence, mathematical calculations, Euclidean distance, FaceID, Eigenface, Dijkstra's algorithm, motion detection, obstacle detection, threshold value, signal attenuation, robot vacuum cleaner, bank fraud detection, linear algebra.

Распространенные в обществе мифы об «интеллекте» современных систем искусственного интеллекта (ИИ) были опровергнуты с помощью математики, доказав, что в основе работы ИИ лежат не сложные нейронные сети, а точные математические вычисления. Это позволяет понять и критически оценить принципы работы технологий, широко

используемых в повседневной жизни, таких как FaceID, система обнаружения мошенничества в банкоматах, навигационные системы и роботы-пылесосы. Кроме того, демонстрируя практическую значимость математики в реальном мире, статья подчеркивает фундаментальную роль математических знаний в таких сложных областях, как ИИ. В этом отношении статья представляет большой интерес для учителей математики, исследователей в области ИИ и более широкой аудитории, интересующейся технологиями.

Современный искусственный интеллект так называемый «интеллект» современного искусственного интеллекта (ИИ) на самом деле представляет собой просто совокупность высокоскоростных математических вычислений, что наглядно демонстрирует пример биометрических систем распознавания, таких как FaceID. Основой работы таких систем является преобразование Кархунена–Лёве, а именно метод главных компонент, предложенный Л. С. Шировым и М. Кирби в 1987 году. Позже, в 1991 году, Мэтью Турк и Алекс Пентланд успешно применили этот же принцип к алгоритму распознавания лиц под названием «Eigenface». Суть этого алгоритма заключается в том, что изображение лица человека представляется в виде матрицы, а евклидовы расстояния каждого пикселя до остальных вычисляются с помощью формулы евклидова расстояния. Евклидово расстояние – это формула, определяющая расстояние между двумя точками, и представляющая собой обобщение теоремы Пифагора на многомерное пространство:

$$\rho(M_1, M_2) = \|M_2 - M_1\|^2 = \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k - x_k)^2}, \text{ т. е. } d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}.$$

Эта формула называется обобщённой формулой теоремы Пифагора в пространстве  $R^n$ . Она была доказана Дончианом (P.S.Donchian) и Коксетером (H.S.M.Coxeter) как обобщение теоремы Пифагора для прямоугольных симплексов в  $n$ -мерном пространстве [2].

**Симплекс** рассматривается как обобщение треугольника и тетраэдра в  $R^n$ , а  $n$ -симплекс имеет  $n + 1$  вершин.  $n - 1$ -мерные грани  $n$ -симплекса называются гипергранями. В прямоугольном  $n$ -симплексе имеется  $n$  прямоугольных гиперграней и одна гипергрань-гипотенуза.

Когда FaceID распознает ваше лицо, он измеряет те же самые математические расстояния между анатомическими ориентирами глаз, носа и рта, а затем сравнивает их с шаблонами в своей базе данных. Здесь нет ни «интеллекта», ни сознания – здесь просто работают большие матрицы и их собственные значения, обрабатываемые по правилам

линейной алгебры. Другими словами, если рассматривать FaceID просто как математический калькулятор, выполняющий несколько тысяч простых вычислений с молниеносной скоростью, миф о его «интеллекте» полностью исчезает. Именно поэтому ученые называют искусственный интеллект «вычислительной машиной», поскольку он никогда не обладает таким пониманием смысла, каким обладают люди; он просто выдает результаты математических уравнений.

Концепция FaceID была впервые разработана в 1991 году в лаборатории Массачусетского технологического института (MIT) и стала внедряться в коммерческие устройства с середины 2000-х годов, хотя её математическая основа была полностью доказана ещё в 1980-х годах. Таким образом, «искусственный интеллект – это всего лишь раздел математики, и его «интеллект» – это иллюзия, возникающая из нашей склонности оживлять неодушевленные механизмы» – можно полностью обосновать, объяснив математический механизм, лежащий в основе работы таких систем биометрического распознавания.

Еще одним наглядным примером этого математического принципа в повседневной жизни является функция автоматической регулировки яркости на мобильных телефонах или ноутбуках. Хотя эта функция кажется «умной», на самом деле она просто обрабатывает данные с датчика освещенности, измеряющего уровень освещенности окружающей среды. Фотодатчик преобразует интенсивность света в числовое значение (например, цифровой сигнал в диапазоне от 0 до 1023), которое затем сравнивается с заранее заданными пороговыми значениями в процессоре телефона.

- Если значение входящего сигнала опускается ниже нижнего порога, выдается команда на увеличение яркости экрана;
- Если оно превышает верхний порог, выполняется команда по уменьшению яркости.

Здесь нет никакой нейронной сети или сложного «мышления» – это просто условный оператор, сравнивающий два числа. Этот принцип используется в электронике с 1960-х годов, а в современных смартфонах улучшились лишь точность и отзывчивость этой функции. Точно так же система автоматического регулирования температуры в термостатах основана на той же математической логике: значение температуры с датчика сравнивается со значением, заданным пользователем, и в зависимости от знака разницы нагреватель включается или

выключается. «Интеллект» этих систем – всего лишь иллюзия, создаваемая высокоскоростной работой микроконтроллеров внутри них.

Рассмотрим еще один пример из реальной жизни. Системы «обнаружения мошенничества» в банкоматах. Если ваша карта используется в другом городе, географически удаленном от привычного, то в течение нескольких минут система потребует дополнительной верификации [4].

Пользователю эта система кажется «умной», но на самом деле она просто сравнивает два числа – географические координаты текущей транзакции и координаты последней транзакции – и вычисляет евклидово расстояние между ними, затем она сравнивает это расстояние с максимально допустимым расстоянием за заранее установленный интервал времени. Если рассчитанная скорость превышает фактическую скорость человека или транспортного средства, система автоматически выносит вердикт «мошенничество».

Этот математический метод впервые был применен в системах безопасности банков в середине 1990-х годов, и сегодня он работает в режиме реального времени исключительно благодаря высокой скорости обработки алгоритма. Исследователи П. Г. Дж. Хорн и Чарльз Р. Джонсон отмечают в своей работе «Математические модели обнаружения мошенничества» [3] «Любой алгоритм обнаружения аномалий, независимо от его сложности, в конечном счете сводится к проверке того, превышает ли разница между двумя величинами пороговое значение».

Рассмотрим еще один распространенный пример. Это функции предложения кратчайшего или самого быстрого маршрута в навигационных системах, таких как Google Maps, Яндекс. Эти системы представляют все возможные маршруты между вашим текущим местоположением и пунктом назначения в виде графа, затем вычисляют длину каждого маршрута и выбирают тот, у которого это значение наименьшее. Это известно как алгоритм Дейкстры [5] – практическое применение классического математического метода, разработанного в 1956 году голландским компьютерным ученым Эдсгером Дейкстрой и опубликованного в 1959 году. Алгоритм Дейкстры работает путем присвоения каждой вершине числового значения, называемого «расстоянием», и их сравнения для нахождения кратчайшего пути между вершинами графа. Здесь нет никакого «навигационного интеллекта»

– это просто алгоритм, состоящий из конечного числа шагов, каждый из которых точно определен математически.

Сам Дейкстра объяснял алгоритм при его создании следующим образом: «Алгоритм основан на принципе присвоения каждому городу определенного числового значения (расстояния) и «фиксации» на каждом шаге города с наименьшим значением». Эти навигационные системы широко используются с начала 2000-х годов, и их точность в настоящее время ограничивается лишь высокой точностью обработки сигнала спутников GPS.

Давайте рассмотрим вопрос об используемом в настоящее время искусственном интеллекте.

**Задача 1.** Умная камера видеонаблюдения, установленная перед вашим домом (например, модель Xiaomi или Hikvision), работает с функцией «обнаружения движения». Днем эта камера работает отлично, точно фиксируя движение человека или автомобиля. Однако однажды вечером, в сумерках, камера начинает регистрировать в качестве движения даже воробья, пролетающего мимо ветки дерева, и тень проезжающей вдали машины, и начинает постоянно отправлять вам уведомления на мобильный телефон. Хуже того, когда позже тем же вечером мимо вашего дома проходит настоящий грабитель, камера классифицирует это движение как нечеловеческое и не отправляет никакого предупреждения [9].

Процесс принятия решения камерой выглядит следующим образом:

- если  $\Delta > T$ , она считает, что «обнаружено движение», и отправляет оповещение,
- если  $\Delta \leq T$ , она считает, что «движения нет».

Пороговое значение  $T$  заранее задано в прошивке камеры и равно 2000.

Камера тестируется в следующих условиях:

1. Дневные условия: достаточно света, четкие изображения. При наличии реального движения разница между двумя кадрами составляет  $\Delta_{\text{день}} = 1500$ .
2. Условия вечерних сумерек: из-за слабого освещения к значению каждого пикселя добавляется случайный шум. Среднее влияние шума на каждый пиксель составляет 10 единиц. В результате:
  - Для того же реального движения измеренная разница  $\Delta_{\text{вечер}} = 5000$ .

- Под тем же влиянием шума значение сигнала для фактического движения вора уменьшается с  $\Delta_{\text{сигнал}} = 3000$  до  $\Delta = 1500$ .

Вопрос:

1. В дневных условиях как камера классифицировала бы движение птицы?
2. Как камера классифицирует движение птицы в условиях вечерних сумерек?
3. Почему движение реального вора не обнаруживается в вечерних условиях?

Учитывая заданные условия, рассмотрим, как камера видеонаблюдения обнаруживает движение.

**Решение.** В заданных условиях алгоритм обнаружения движения камеры видеонаблюдения вычисляет разность между двумя последовательными кадрами по следующей формуле, представляющей собой многомерный аналог евклидова расстояния:

$$\Delta = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2}$$

где  $p_i$  – значение яркости пикселя  $n_i$  в первом кадре (дискретное числовое значение от 0 до 255),  $q_i$  – значение яркости соответствующего пикселя во втором кадре, а  $n$  — общее количество пикселей в кадре. Камера сделает вывод о наличии движения, если  $\Delta > T$ , где  $T$  – пороговое значение, заранее определённое экспериментально и встроенное в прошивку камеры.

Цель этой формулы – измерить интервал между двумя изображениями. Если это расстояние велико, изображения значительно отличаются, что указывает на движение между кадрами.

1. Расчет в дневных условиях выглядит следующим образом:

Согласно условиям задачи, разница между двумя кадрами задана как  $\Delta_{\text{день}} = 1500$ . Поскольку это значение меньше порогового значения  $T = 2000$  ( $1500 < 2000$ ), алгоритм удовлетворяет условию  $\Delta_{\text{день}} \leq T$ . Поэтому камера делает вывод об отсутствии движения в дневное время. Это может быть правильным решением, если основные изменения в дневных изображениях действительно являются результатом других факторов (например, едва заметного колыхания листьев деревьев под действием ветра), а не движения.

2. Рассуждения для вечернего сценария следующие:

Согласно условиям задачи, с наступлением сумерек и резким падением уровня освещенности к значению каждого пикселя изображения добавляется шум. Шум – это случайная цифровая величина, добавляемая к фактическому сигналу, которая возникает из-за недостаточного освещения или физических ограничений самого датчика. В данных условиях предполагается, что каждое значение пикселя имеет средний шум в 10 единиц, тогда как разность между двумя кадрами,  $\Delta_{\text{вечер}} = 5000$ . Это значение более чем в два раза превышает пороговое значение  $T = 2000$  ( $5000 > 2000$ ), поэтому алгоритм удовлетворяет условию  $\Delta_{\text{вечер}} > T$  и делает вывод о наличии движения.

Основная математическая проблема здесь заключается в квадратичной природе влияния шума на евклидово расстояние. Используя формулу, если к каждому пикселю добавить лишь небольшое количество шума, то увеличение общей разности будет пропорционально  $\sqrt{n} \times 10$ , где  $n$  – количество пикселей. Если размер матрицы камеры составляет, скажем,  $1920 \times 1080$  (примерно 2 миллиона пикселей), то  $\sqrt{2000000} \approx 1414$ , поэтому общая разность может увеличиться на  $1414 \times 10 \approx 14140$  единиц.

В задаче задано  $\Delta_{\text{вечер}} = 5000$ , и хотя эта величина все еще во много раз меньше, ее достаточно, чтобы превысить порог  $T = 2000$ . Другими словами, когда фактическое смещение составляло всего  $\Delta_{\text{день}} = 1500$ , добавление шума увеличило разницу с 1500 до 5000, что привело к ложному выводу.

3. Математическая причина, по которой камера не сработала, когда в тот же вечер мимо прошел настоящий вор, также объясняется природой этого шума.

Если сигнал, возникающий в результате движения настоящего вора, обозначить как  $\Delta_{\text{сигнал}}$ , то, если уровень шума в этот момент превышает этот сигнал, полностью нарушая структуру различий между кадрами, алгоритм не сможет отличить подлинный сигнал от шума. Это явление известно как затухание сигнала и представляет собой фундаментальное ограничение различных математических систем обнаружения. В частности, если разность, возникающая в результате движения настоящего вора, равна  $\Delta_{\text{сигнал}} = 3000$  (это пороговое значение больше  $T = 2000$ , поэтому движение должно быть обнаружено), но если из-за шума, добавившегося в этот момент, значение этой разности случайно уменьшится до 1500, то алгоритм вычислит  $\Delta \leq T$  и примет неверное решение об отсутствии движения.

Исходя из приведенного выше математического анализа, причина ошибки камеры в данном примере заключается в том, что шум, вызванный снижением уровня освещенности, оказывает более сильное или противоположное влияние, чем фактический сигнал. Это явление известно в математике как предел дифференцируемости, и оно обусловлено не каким-либо интеллектуальным алгоритмом, а физическими ограничениями вычислений. Таким образом, этот пример еще раз демонстрирует, что вся «интеллигентность» искусственного интеллекта – это просто результат того, как работают математические формулы, и что его ошибки также происходят из ограничений этих самых формул.

В следующей задаче рассмотрим робота-пылесос.

**Задача 2.** Система оптических датчиков робота-пылесоса воспринимает окружающую среду как набор координат в евклидовом пространстве  $R^2$ . Предполагая, что центр робота находится в начале координат  $O(0,0)$ , его лазерный дальномер вычисляет расстояния до окружающих объектов, измеряя время отражения света [7].

Робот оснащен следующими системами датчиков:

1. **Лазерный дальномер** – вычисляет расстояние до окружающих объектов, измеряя время отражения света.
2. **Акустический датчик** – измеряет частоту и амплитуду колебаний, генерируемых частицами пыли, проходящими через всасывающий патрубок робота.

Вокруг робота определяется круговая область, называемая «зоной безопасности». Радиус этой зоны равен  $R = 15$  см. Если евклидово расстояние  $\rho(O, M)$  между координатами  $M(x, y)$  объекта и центром робота  $O(0,0)$  удовлетворяет следующему условию:

$$\rho(O, M) \leq R$$

то система принимает решение о наличии «препятствия» и изменяет траекторию движения. Евклидово расстояние вычисляется по следующей формуле:

$$\rho(O, M) = \sqrt{(x - 0)^2 + (y - 0)^2} = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Когда частицы пыли проходят через всасывающую трубку робота, они ударяются о датчик и генерируют колебания с определенной частотой ( $f$ ). Датчик измеряет амплитуду этой вибрации ( $A$ ). В системе задан пороговое значение  $A_0 = 0,5$ . Если:

$$A \geq A_0,$$

робот определяет это место как «грязное» и автоматически увеличивает мощность всасывания. Если  $A < A_0$ , робот считает его «чистым» и продолжает работать в обычном режиме.

**Вопрос 1.** Лазерный датчик обнаружил объект в точке  $M(9,12)$ , расположенной на некотором расстоянии от начала координат робота  $O(0,0)$ . Будет ли робот классифицировать этот объект как препятствие и отдать команду на остановку или смену направления движения?

**Вопрос 2.** Если объект находится в точке  $N(10,11)$ , каково его расстояние до робота? Обнаружит ли робот препятствие в этом случае? Сравните свой ответ с пороговым значением  $R = 15$  см и приведите расчеты.

**Решение.**

1. Координаты объекта:  $M(9,12)$ . Центр робота:  $O(0,0)$ . Рассчитаем евклидово расстояние:

$$\rho(O, M) = \sqrt{(9 - 0)^2 + (12 - 0)^2} = \sqrt{9^2 + 12^2} = \sqrt{81 + 144} = \sqrt{225} = 15$$

Радиус зоны безопасности робота равен  $R=15$  см. Теперь проверяем условие:

$$\rho(O, M) = 15 \text{ и } R = 15 \Rightarrow \rho \leq R (15 \leq 15).$$

Поскольку математическое условие выполняется, система классифицирует эту точку как «препятствие». В результате микроконтроллер робота посылает сигнал на двигатели, выполняя команду смены направления или остановки, чтобы предотвратить столкновение.

2. Координаты объекта:  $N(10,11)$ . Расчет расстояния:

$$\rho(O, N) = \sqrt{(10 - 0)^2 + (11 - 0)^2} = \sqrt{10^2 + 11^2} = \sqrt{100 + 121} = \sqrt{221}$$
$$\sqrt{221} \approx 14.866 \text{ см}$$

Поскольку условие выполняется, робот также идентифицирует этот объект как препятствие.

В заключение, точка  $N(10,11)$  находится немного ближе к роботу, чем точка  $M(9,12)$  ( $14,866 \text{ см} < 15 \text{ см}$ ), но в обоих случаях решение одинаковое – «есть препятствие».

**Заключение.**

FaceID, обнаружение мошенничества в банкоматах, навигационные системы, обнаружение движения в камерах видеонаблюдения и роботы – такие как вычисление евклидова расстояния, сравнение с пороговыми значениями, лежат в основе работы различных систем искусственного интеллекта, считающихся интеллектуальными, например, системы обнаружения препятствий и загрязнений у роботов-пылесосов, алгоритм Дейкстры и другие

математические операции, и было продемонстрировано, что их ошибки возникают именно из-за физических ограничений этих математических моделей. Следовательно, интеллект искусственного интеллекта – это иллюзия, возникающая из бессознательной склонности человечества к антропоморфизации.

#### Список литературы.

1. Вэньсюань Шэнь, Цинтао. Ян. 从高维Pythagoras定理谈起: 单形论漫谈, 2016. - 814 б. [几何瑰宝: 平面几何500名题暨1000条定理 | 沈文选; 杨清桃 | download on Z-Library](#)
2. Bolton, R. J., Hand, D. J. Statistical Fraud Detection: A Review. – Statistical Science, 2002. <https://projecteuclid.org/>
3. Davies E. R. Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities. Academic Press / Elsevier, 2014. – 572 б. <https://shop.elsevier.com/books/machine-vision/davies/978-0-12-206090-8>
4. Dijkstra, E. W. A note on two problems in connexion with graphs. – *Numerische Mathematik*, 271 б. <https://doi.org/10.1007/BF01386390>
5. Discipline A. of Programming Edsger W. Dijkstra. Prentice 1976. – 217 б. <https://archive.org/>
6. iRobot Corp. Dirt Detection Using Acoustic Sensors in Robotic Vacuum Cleaners. 2005. - 8 б. <https://www.irobot.com/>
7. <https://link.springer.com/>
8. <https://cp-algorithms.com/graph/dijkstra.html>
9. <https://brilliant.org/wiki/dijkstras-short-path-finder/>
10. <https://direct.mit.edu/jocn/article/3/1/71/3025/Eigenfaces-for-Recognition>