

Роль теорії ймовірностей у системах автономного керування (автопілотах)

Єгор Хавін

студент Фахового Коледжу,
ВНЗ «Університет економіки та права «КРОК», м. Київ, Україна,
e-mail: KhavinYO@krok.edu.ua

Науковий керівник:

Іван Крикун

к.ф.-м.н., доцент, с.н.с. відділу теорії керуючих систем
ІПММ НАН України, Слов'янськ, Україна,
& доцент кафедри інформаційного менеджменту,
математики та статистики,
ВНЗ «Університет економіки та права «КРОК», м. Київ, Україна,
e-mail: KrykunIH@krok.edu.ua,
ORCID: 0000-0001-5468-512X

Штучний інтелект (ШІ) — це галузь комп'ютерних наук, що займається розробкою систем, здатних виконувати завдання, які зазвичай потребують людського інтелекту, такі як розпізнавання образів, прийняття рішень чи розуміння мови [1]. Це одна з найперспективніших галузей сучасної науки та техніки. Його розвиток спирається не лише на інженерні рішення, а й на фундаментальні математичні основи.

Однією з таких основ є теорія ймовірностей. У реальному світі дані ніколи не бувають ідеальними: сенсори мають похибки, погода змінюється, а поведінка людей непередбачувана. Теорія ймовірностей допомагає системам ШІ працювати з неповними або нечіткими даними, приймати рішення в умовах невизначеності та оцінювати ризики. Метою роботи є розгляд цих методів на прикладі однієї з найбільш динамічних технологій сучасності — систем автономного водіння (автопілотів).

Головними проблемами, де в інженерії автопілотування застосовують теорію ймовірностей, є наступні:

1. Проблема невизначеності в робототехніці.

Автономний автомобіль не "бачить" світ так, як людина. Він отримує потік цифрових даних від камер, радарів та лідарів. Ці дані завжди містять шум. Наприклад, під час дощу камера може сплутати краплі води з перешкодою, а сонячний відблиск може засліпити сенсори. Якби автомобіль працював за жорсткою логікою ("якщо бачиш перешкоду — гальмує"), він би зупинявся від кожного пакету, що летить по дорозі.

Саме тут застосовується ймовірнісний підхід. Замість того, щоб стверджувати "попереду людина", алгоритм обчислює: "з ймовірністю 85% це людина, з ймовірністю 10% — манекен, і 5% — тінь від дерева". Це дозволяє системі приймати зважені рішення.

2. Ключові ймовірнісні алгоритми.

А. Фільтр Калмана (*Kalman Filter*) Це один із найважливіших інструментів у навігації. Він використовується для відстеження об'єктів (інших машин,

пішоходів). Фільтр працює циклічно у два етапи:

Передбачення (*Prediction*): На основі фізичних законів система прогнозує, де об'єкт буде в наступну секунду.

Коригування (*Update*): Отримавши нові дані з сенсорів (які можуть бути неточними), система порівнює їх з прогнозом і коригує оцінку положення об'єкта.

Це дозволяє автопілоту "згладжувати" рух об'єктів на карті, навіть якщо сенсори на мить втратили їх з виду.

Б. Локалізація та метод Монте-Карло (*Particle Filters*) Автомобіль повинен "знати", де він знаходиться, з точністю до сантиметрів. GPS дає похибку в кілька метрів, що неприпустимо. Для точнішої локалізації використовується алгоритм MCL (*Monte Carlo Localization*). Уявімо, що автомобіль спочатку "не знає", де він, і розкидає по віртуальній карті тисячі гіпотетичних точок ("частинок"). Коли сенсори бачать знайомий знак або поворот, система відкидає ті точки, які не відповідають побаченому, і залишає ті, що збігаються. З часом "хмара" точок збирається в одному місці — істинному положенні авто.

В. SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) Це метод одночасної навігації та побудови карти. Коли авто потрапляє в незнайому місцевість (наприклад, паркінг без GPS), воно використовує ймовірнісні методи (зокрема, байєсівські мережі), щоб одночасно будувати карту навколишнього простору і визначати своє положення на ній [2].

3. Порівняльний аналіз підходів (Синтез даних).

У сучасній індустрії склалося два основні підходи до побудови систем автопілоту, які по-різному використовують ймовірнісні моделі для обробки даних. Для аналізу було порівняно [3] підходи компаній Tesla та Waymo.

Підсумовуючи [3], можемо зробити висновок, що підхід Tesla вимагає складніших ймовірнісних алгоритмів, оскільки камери дають менше інформації, ніж лідари. Waymo використовує надлишковість даних (якщо камера не бачить, лідар побачить), що знижує невизначеність, але підвищує обчислювальну складність зведення цих даних в єдину картину світу [3].

4. Прийняття рішень (Байєсівські мережі)

Розглянемо модельну ситуацію: автопілот "бачить" об'єкт біля дороги.

1. Априорна ймовірність (*Prior*): Більшість об'єктів біля дороги не рухаються (стовпи, знаки).

2. Нова інформація (*Evidence*): Камера фіксує рух об'єкта.

3. Апостеріорна ймовірність (*Posterior*): Система перераховує ймовірності подальшого розвитку подій за формулою Байєса. Тепер ймовірність того, що це "дитина, яка збирається перебігти дорогу", різко зростає. На основі цього ймовірнісного висновку система приймає рішення: "Зменшити швидкість і зміститися вліво", навіть якщо об'єкт ще не вийшов на дорогу.

Теорія ймовірностей є фундаментом, на якому будується безпека та ефективність штучного інтелекту, особливо в критично важливих системах, таких як автономний транспорт. Вона дозволяє перетворити хаотичні та неточні дані реального світу на структуровану модель, придатну для прийняття рішень. Ми

з'ясували, що без ймовірнісних методів (Фільтр Калмана, SLAM, Байєсівський вивід) створення автопілоту було б неможливим. Подальший розвиток ШІ буде спрямований на вдосконалення цих алгоритмів, щоб зменшити час реакції та підвищити точність прогнозування в екстремальних умовах.

Ключові слова: автопілот, штучний інтелект.

Список використаних джерел

1. Russell, S., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.)*. Pearson.
2. Durrant-Whyte H., Bailey T. (2006). *Simultaneous localization and mapping (SLAM)*. *IEEE Robotics and Automation Magazine*, 13(2), 99–108.
3. Zahid, H. (2024). *The role of probability in self-driving cars*. Medium. <https://medium.com/@hammadzahid1010/the-role-of-probability-in-self-driving-cars-5f87c347123d>
4. Thrun S., Burgard W., Fox D. *Probabilistic robotics*. MIT Press.2005.