

всіх станціях (відноситься більше до GSM, в CDMA час синхронізовано за замовчуванням). Отримавши з боку телефону запит, все три базових станції передають час його отримання в центр розрахунку координат.

Метод визначення координат UL-TOA не вимагає зміни мобільних телефонів, але вимагає серйозних інвестицій в інфраструктуру мережі, як наслідок при точності від 100 до 300 метрів, назвати його надзвичайно перспективним можливо.

## СЕКЦІЯ 7 ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ

### ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ

к.т.н. В.В. Онищенко, НТУ «ХП», м. Харків

Задачі машинного навчання можна розділити на дві основні категорії: навчання з учителем і навчання без учителя.

В задачах навчання з учителем (supervised learning) існує набір «правильних відповідей», який потрібно продовжити на всі приклади, які можуть зустрітися в житті, але ще не траплялися в тренувальній вибірці. До цього класу належать задачі регресії та класифікації, будь то класифікація рукописних цифр за набором даних з бази даних MNIST (рис. 1) або машинний переклад на основі паралельних текстів на різних мовах.



Рис. 1. Приклад зображень з бази даних зразків рукописного написання цифр

У задачах навчання без учителя (unsupervised learning) існує набір прикладів без додаткової інформації, і задача полягає в тому, щоб зрозуміти його структуру та виділити ознаки, які добре її описують. До цього класу належать задачі, які стосуються автокодувальників (спеціальних архітектур

штучних нейронних мереж, що дозволяють застосовувати навчання без учителя при використанні методу зворотного поширення помилки) і попереднього навчання нейронних мереж. Одним з головних достоїнств глибокого навчання є здатність вміло виділяти складні ознаки та розкривати непросту внутрішню структуру навколишніх об'єктів.

Такий класичний розподіл задач можна зустріти в будь-якому підручнику з машинного навчання. Між тим існує широкий спектр методів навчання, які можуть зробити істотний вплив на сферу науки і техніки. Останніми роками різні наукові співтовариства починають приходити до спільного розуміння проблем, що пов'язані з навчанням з учителем, навчанням без учителя і з навчанням з підкріпленням.

Основна ідея навчання з підкріпленням (reinforcement learning) полягає в тому, що агент, взаємодіючи зі складним навколишнім середовищем з високим рівнем невизначеності, намагається максимізувати отриманий виграш. Навколишнє середовище при цьому заохочує його за ці дії.

Навчання з підкріпленням є одним з напрямків, що пов'язані зі створенням штучних інтелектуальних систем, які активно розвиваються та вміють пристосовуватися до навколишнього середовища і навчатися на основі отриманого досвіду.

На даний час вже створена потужна математична база навчання з підкріпленням, а також вирішено ряд цікавих прикладних задач. Комп'ютерні дослідження стосовно навчання з підкріпленням – це сфера наукової діяльності, в якій активно працюють сотні дослідників в усьому світі, основні інтереси яких поширюються на такі різноманітні напрямки, як психологія, теорія управління, штучний інтелект, нейробіологія.

Існує три фундаментальні класи методів навчання з підкріпленням: динамічне програмування, методи Монте-Карло і методи часових відмінностей. Перший із зазначених методів є одним з різновидів методів планування і передбачає, що існує явним образом сформульоване знання про всі аспекти вирішуваної проблеми, тоді як інші два методи – це методи навчання.

Кожен клас методів має свої сильні та слабкі сторони. Методи динамічного програмування добре розроблені з математичної точки зору, але вимагають точної і повної моделі навколишнього середовища. Методи Монте-Карло (методи статистичних випробувань) концептуально прості, але не підходять для покрокових інкрементних обчислень. Нарешті, методи часових відмінностей не вимагають моделі та повністю є інкрементними, однак вони складніші для аналізу. Крім того, всі методи відрізняються один від одного ефективністю та швидкістю збіжності.

Для навчання з підкріпленням важливу роль відіграють дві характеристики: пошук методом спроб і помилок, а також відстрочені заохочення. Визначення навчання з підкріпленням дається не через опис методів навчання, а шляхом виявлення характерних властивостей задачі

навчання. Будь-який метод, який добре підходить для вирішення сформульованої задачі, розглядається як метод навчання з підкріпленням.

Основна ідея полягає в тому, щоб організувати взаємодію агента з середовищем для досягнення певної мети. Такого роду агент повинен мати можливість деякою мірою сприймати стан середовища, а також бути в змозі вживати дії, які можуть вплинути на стан цього середовища. Агент повинен мати також мету або цілі, що пов'язані зі станами середовища. Формулювання задачі навчання з підкріпленням повинне враховувати всі три аспекти (сприйняття, дії та цілі) в їх найбільш простих формах.

Навчання з підкріпленням відрізняється від навчання з учителем, яке розглядається в більшості сучасних досліджень з навчання машин, статистичного розпізнавання образів, штучних нейронних мереж. У задачах, які розв'язуються на основі взаємодії, найчастіше непрактично намагатися отримувати приклади необхідного поведіння, які були б одночасно коректними та представницькими для всіх ситуацій, в яких повинен діяти агент. На «нічийних» територіях, в ситуаціях, коли навчання є найбільш потрібним, агент повинен бути в змозі вчитися тільки на основі свого власного досвіду.

Однією з найбільш серйозних проблем, що виникають в навчанні з підкріпленням, є проблема пошуку компромісу між навчанням і застосуванням. Щоб отримати більшу винагороду, агент, який навчається з підкріпленням, повинен надавати перевагу діям, які він вже перевіряв у минулій своїй діяльності та виявив, що вони є більш ефективними з точки зору отримання заохочення. Однак щоб виявляти їх, треба пробувати виконувати такі дії, які ще не виконувалися раніше. Агент повинен застосовувати ті дії, про які вже відомо, що вони дозволяють отримати винагороду, але він повинен також і вивчати нові дії, щоб мати можливість робити кращий вибір в майбутньому. Проблема полягає в тому, що не можна тільки використовувати вже перевірені дії або тільки шукати нові ефективні дії, оскільки це призведе до провалу спроб вирішення задачі. Агент повинен намагатися робити різноманітні дії і сприяти тим з них, які виявилися кращими.

У задачах стохастичного характеру кожна з дій має бути повторена багато разів, щоб домогтися отримання надійної оцінки очікуваної винагороди. Дилема навчання – застосування інтенсивно досліджується математиками вже протягом кількох десятиліть.

Ще одна характерна риса навчання з підкріпленням полягає в тому, що в явному вигляді розглядається цілісна проблема цілеспрямованого агента, який взаємодіє з невизначеним середовищем. Всі агенти, які навчаються з підкріпленням, мають явно виражені цілі, можуть сприймати особливості середовища, а також обирати дії, що впливають на це середовище. Більш того, зазвичай з самого початку передбачається, що агент повинен діяти, незважаючи на істотну невизначеність в середовищі. Коли до навчання з

підкріпленням додається планування, доводиться докладати певних зусиль для забезпечення взаємодії між плануванням і вибором дій в реальному масштабі часу, а також для пошуку способів отримання та покращення моделей середовища.

Розгляд специфічних для даної задачі міркувань щодо того, які характеристики є критичними, а які ні, може призвести до включення до навчання з підкріпленням засобів навчання з учителем. Щоб домогтися успіху в навчанні, треба виділити та вивчити важливі підзадачі загальної задачі навчання, але це повинні бути такі підзадачі, роль яких є ясною з точки зору цілісного цілеспрямованого агента, що взаємодіє з середовищем, навіть коли немає можливості в усіх подробицях описати цього агента.

Дослідження в сфері навчання з підкріпленням можна вважати частиною загального процесу, що набув останніми роками подальшого розвитку. Він полягає в контактах і взаємодії між штучним інтелектом та іншими інженерними дисциплінами.

Ще зовсім недавно штучний інтелект розглядався як напрямок досліджень, який жодним чином не був пов'язаний з теорією управління і статистикою. Сучасні дослідники в галузі штучного інтелекту припускають використання моделей статистики та алгоритмів управління, наприклад, в якості цілком придатних конкуруючих методів або ж просто як частини арсеналу методів аналізу. Сфери наукової діяльності, яким раніше не надавали значення та які знаходяться на стику штучного інтелекту і традиційних інженерних методів, зараз розвиваються найбільш активно. До їх числа входять такі нові напрямки, як нейронні мережі, інтелектуальне керування, а також навчання з підкріпленням.

У навчанні з підкріпленням набувають подальшого розвитку ідеї, які почерпнуті з теорії оптимального управління та зі стохастичної апроксимації, послідовно сприймаючи більш загальні та більш амбітні цілі штучного інтелекту. Проте, незважаючи на досягнуті успіхи, в цілому, проблема навчання на основі взаємодії системи з середовищем для досягнення певних цілей все ще досить далека від остаточного вирішення.

## **ЗАСТОСУВАННЯ БІБЛІОТЕКИ CHART.JS ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

к.т.н. В.В. Онищенко, студентка А.О. Моря, НТУ «ХП», м. Харків

Програмування часто згадують у прикладному контексті. За його допомогою створюють мобільні додатки, інтернет-системи та спецефекти для кіноіндустрії. Проте спочатку програмування призначалося саме для вирішення наукових задач. Програмування в науці займає чільне місце в будь-якому сучасному глобальному дослідженні. Всі передові технології – від квантових комп'ютерів до космічних програм – були б неможливими без