

МЕТОДИ І СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

3 курс, весна 2021

- Доц. Баклан І.В.
- Email: iaa@ukr.net
- Web: baklaniv.at.ua

Лекція 1

Введення в штучний інтелект

Що таке штучний інтелект?

- Штучний інтелект - це одна з новітніх областей науки. Перші роботи в цій області почалися незабаром після Другої світової війни, а саме її назва була запропонована в **1956** році.

Що таке штучний інтелект?

- Системи, які думають подібно людям
- Системи, які діють подібно людям
- Системи, які думають раціонально
- Системи, які діють раціонально

Що таке штучний інтелект?

Системи, які думають подібно людям:

- "Нове захоплююче напрямом робіт зі створення комп'ютерів, здатних думати, ... машин, що володіють розумом, в повному і буквальному сенсі цього слова"

Що таке штучний інтелект?

Системи, які думають подібно людям:

- "[Автоматизація] дій, які ми асоціюємо з людським мисленням, тобто таких дій, як прийняття рішень, вирішення завдань, навчання ..."

Що таке штучний інтелект?

Системи, які діють подібно людям:

- "Мистецтво створення машин, які виконують функції, що вимагають інтелектуальності при їх виконанні людьми"

Що таке штучний інтелект?

Системи, які діють подібно людям:

- "Наука про те, як навчити комп'ютери робити те, в чому люди в даний час їх перевершують"

Що таке штучний інтелект?

Системи, які думають раціонально:

- "Вивчення розумових здібностей за допомогою обчислювальних моделей"
- "Вивчення таких обчислень, які дозволяють відчувати, міркувати і діяти"

Що таке штучний інтелект?

Системи, які діють раціонально:

- "Обчислювальний інтелект - це наука про проектування інтелектуальних агентів"
- "Штучний інтелект ...- це наука, присвячена вивченню інтелектуальної поведінки артефактів"

тест Тьюринга

- Тест Тьюринга, запропонований **Аланом Тьюрингом** в 1950 році, був розроблений в якості задовільного функціонального визначення інтелекту.

тест Тьюринга

- Комп'ютер успішно пройде цей тест, якщо людина-експериментатор, який загадав йому в письмовому вигляді певні питання, не зможе визначити, чи отримані письмові відповіді від іншої людини або від деякого штучного пристрою.

тест Тьюринга

Запрограмований таким чином комп'ютер повинен володіти перерахованими нижче можливостями:

- Засоби обробки текстів на природних мовах (Natural Language Processing - NLP), що дозволяють успішно спілкуватися з комп'ютером, скажімо англійською мовою.

тест Тьюринга

Запрограмований таким чином комп'ютер повинен володіти перерахованими нижче можливостями:

- Засоби представлення знань, за допомогою яких комп'ютер може записати в пам'ять то, що він дізнається або прочитає.

тест Тьюринга

Запрограмований таким чином комп'ютер повинен володіти перерахованими нижче можливостями:

- Засоби автоматичного формування логічних висновків, що забезпечують можливість використовувати збережену інформацію для пошуку відповідей на питання і виведення нових висновків.

тест Тьюринга

Запрограмований таким чином комп'ютер повинен володіти перерахованими нижче можливостями:

- Засоби машинного навчання, які дозволяють пристосовуватися до нових обставин, а також виявляти і екстраполювати ознаки стандартних ситуацій.

тест Тьюрінга

- У тесті Тьюрінга свідомо виключено безпосередня фізична взаємодія експериментатора і комп'ютера, оскільки для створення штучного інтелекту не потрібно фізична імітація людини.

тест Тьюринга

- Але в так званому повному тесті Тьюринга передбачено використання відеосигналу для того, щоб експериментатор міг перевірити здібності випробуваного об'єкта до сприйняття, а також мав можливість представити фізичні об'єкти "в неповному вигляді" (пропустити їх "через штрихування").

тест Тьюрінга

Щоб пройти повний тест Тьюрінга, комп'ютер повинен володіти перерахованими нижче здібностями:

- Машинне зір для сприйняття об'єктів.
- Засоби робототехніки для маніпулювання об'єктами і переміщення в просторі.

Як мислити по-людськи: підхід, заснований на когнітивному моделюванні

- Перш ніж стверджувати, що якась конкретна програма мислить, як людина, потрібно мати певний спосіб визначення того, як мислять люди. Необхідно проникнути в сам фактично відбувається процес роботи людського розуму. Для цього можуть використовуватися два способи: інтроспекція (спроба простежити за ходом власних думок) і психологічні експерименти.

Як мислити по-людськи: підхід, заснований на когнітивному моделюванні

- Тільки після створення досить точної теорії мислення з'явиться можливість представити формули цієї теорії у вигляді комп'ютерної програми. І якщо вхідні і вихідні дані програми, а також розподіл виконуваних нею дій в часі будуть точно відповідати поведінки людини, це може свідчити про те, що деякі механізми даної програми можуть також діяти в людському мозку.

Як мислити по-людськи: підхід, заснований на когнітивному моделюванні

- Наприклад, **Аллен Ньюелл** (Allen Newell) і **Герберт Саймон** (Herbert Simon), які розробили програму GPS ("General Problem Solver" універсальний вирішувач завдань), не прагнули лише до того, щоб ця програма правильно вирішувала поставлені завдання. Їх більшою мірою турбувало, щоб запис етапів проведених нею міркувань збігалася з реєстрацією міркувань людей, які вирішують такі ж завдання.

Як мислити по-людськи: підхід, заснований на когнітивному моделюванні

- У міждисциплінарній галузі когнітології спільно використовуються комп'ютерні моделі, взяті зі штучного інтелекту, і експериментальні методи, взяті з психології, для розробки точних і обґрунтованих теорій роботи людського мозку.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні "законів мислення"

- Грецький філософ Аристотель був одним з перших, хто спробував визначити закони "правильного мислення", тобто процеси формування неспростовних міркувань. Його силогізми стали зразком для створення процедур докази, які завжди дозволяють прийти до правильних висновків, якщо дано правильні передумови.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні "законів мислення"

- "Сократ - людина; всі люди смертні, отже, Сократ смертний".

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні "законів мислення"

- До 1965 року були вже розроблені програми, які могли в принципі вирішити будь-яку розв'язні проблему, описану в системі логічних позначень. Дослідники в області штучного інтелекту, що дотримуються так званих традицій логіцизму, сподіваються, що їм вдасться створити інтелектуальні системи на основі подібних програм.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні "законів мислення"

Але при здійсненні зазначеного підходу виникають дві серйозних перешкоди.

- По-перше, досить складно взяти будь-які неформальні знання і висловити їх в формальних термінах, необхідних для системи логічних позначень, особливо якщо ці знання не є повністю достовірними.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні "законів мислення"

Але при здійсненні зазначеного підходу виникають дві серйозних перешкоди.

- По-друге, можливість порівняно легко вирішити проблему "в принципі" аж ніяк не означає, що це дійсно вдасться зробити на практиці.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні "законів мислення"

- Хоча з обома цими перешкодами доводиться стикатися при будь-якій спробі створення обчислювальних систем для автоматизації процесу проведення міркувань, вони були вперше виявлені в рамках традицій логіцизму.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні раціонального агента

- *Агентом* вважається все, що діє (від з латинського слова *agere* - діяти). Передбачається, що комп'ютерні агенти володіють деякими іншими атрибутами, які відрізняють їх від звичайних "програм", такими як здатність функціонувати під автономним управлінням, сприймати своє середовище, існувати протягом тривалого періоду часу, адаптуватися до змін і мати здатність взяти на себе досягнення цілей, поставлених іншими.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні раціонального агента

- *Раціональним агентом* називається агент, який діє таким чином, щоб можна було досягти найкращого результату або, в умовах невизначеності, найкращого очікуваного результату.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні раціонального агента

- Безумовно, іноді формування правильних логічних висновків стає і частиною функціонування раціонального агента, оскільки один із способів раціональної організації своїх дій полягає в тому, щоб логічним шляхом прийти до висновку, що дане конкретне дію дозволяє досягти зазначених цілей, а потім діяти відповідно до прийнятого рішення .

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні раціонального агента

- З іншого боку, правильний логічний висновок не вичерпує поняття раціональності, оскільки часто виникають ситуації, в яких неможливо однозначно вибрати будь-які правильні дії, але все одно треба щось робити. Крім того, існують способи раціональної організації дій, щодо яких не можна стверджувати, що в них використовується логічний висновок.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні раціонального агента

- Наприклад, вилучання пальця від гарячої печі - це рефлексорна дія, яка зазвичай є більш успішним в порівнянні з більш повільним рухом, зробленим після ретельного обмірковування всіх обставин.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні раціонального агента

Підхід до дослідження штучного інтелекту як галузі проектування раціональних агентів має, щонайменше, дві переваги.

- *По-перше* , цей підхід є більш загальним в порівнянні з підходом, заснованому на використанні "законів мислення", оскільки правильний логічний висновок - це просто один з декількох можливих механізмів досягнення раціональності.

Як мислити раціонально: підхід, заснований на використанні раціонального агента

- Підхід до дослідження штучного інтелекту як галузі проектування раціональних агентів має, щонайменше, дві переваги.
- По-друге , він є більш перспективним для наукової розробки в порівнянні з підходами, заснованими на вивченні людської поведінки або людського мислення, оскільки стандарт раціональності чітко визначено і повністю узагальнено.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Філософія (період з 428 року до н.е. по теперішній час)

- Чи можуть використовуватися формальні правила для виведення правильних висновків?
- Як такий ідеальний об'єкт, як думка, народжується в такому фізичному об'єкті, як мозок?
- Яке походження знань?
- Яким чином знання ведуть до дій?

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Точний звід законів, керованих раціональною частиною мислення, був вперше сформульований **Аристотелем** (384-322 роки до н.е.). Він розробив неформалізовану систему силогізмів, призначену для проведення правильних міркувань, яка дозволяла будь-кому виробляти логічні висновки механічно, при наявності початкових передумов.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Набагато пізніше **Раймунд Раймунд** (помер в 1315 рік) висунув ідею, що корисні міркування можна фактично проводити за допомогою механічного артефакту.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- **Томас Гоббс** (1588-1679) припустив, що міркування аналогічні числовим розрахункам і що "в наших нечутних думках ми мимоволі складаємо і віднімаємо".

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Приблизно в 1500 році **Леонардо да Вінчі** (1452-1519) спроектував, але він не закінчив будувати механічний калькулятор; недавно проведена реконструкція показала, що його проект є працездатним.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Перша відома обчислювальна машина була створена приблизно в 1623 році німецьким вченим **Вільгельмом Шиккардом** (1592-1635), хоча більш відома машина Паскаліна, побудована в 1642 році **Блез Паскаль** (1623-1662). Паскаль писав, що "арифметична машина справляє враження, що здається більш близьким до мислення в порівнянні з будь-якими діями тварин".

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Одна з проблем, пов'язаних з чисто фізичними уявленнями про розум, полягає в тому, що вони, мабуть, майже не залишають місця для волевиявлення: адже якщо розум керується виключно фізичними законами, то людина виявляє не більше свободи волі в порівнянні з бруківкою, "які вирішили" впасти в напрямку до центру землі. Незважаючи на те що **Декарт** був переконаним прихильником поглядів, які визнають тільки масть розуму, він був також прихильником дуалізму.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- **Декарт** вважав, що існує така частина людського розуму (душа, або дух), яка знаходиться за межами єства і не підпорядковується фізичним законам. З іншого боку, тварини не володіють таким дуалістичним властивістю, тому їх можна розглядати як свого роду машини.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Якщо припустити, що знаннями маніпулює фізичний розум, то виникає наступна проблема - встановити джерело знань. Таке науковий напрям, як емпіризм, родоначальником якого був **Френсіс Бекон** (1561-1626), автор Нового Органона, можна охарактеризувати висловом **Джона Локка** (1632- 1704): "В людському розумінні немає нічого, що не виявлялося б насамперед у відчуттях".

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Девід Юм (1711-1776) в своїй книзі *A Treatise of Human Nature* (Трактат про людську природу) запропонував метод, відомий тепер під назвою принципу індукції, який полягає в тому, що загальні правила виробляються шляхом вивчення повторюваних асоціацій між елементами, які розглядаються в цих правилах.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Грунтуючись на роботі **Людвіга Вітгенштейна** (1889-1951) і **Бертрана Рассела** (1872-1970), знаменитий Віденський гурток, очолюваний **Рудольфом Карнапом** (1891 »-1970), розробив доктрину логічного позитивізму. Згідно з цією доктриною все знання можуть бути охарактеризовані за допомогою логічних теорій, пов'язаних в кінцевому підсумку з констатуючими пропозиціями, які відповідають вхідним сенсорним даними.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- В теорії підтвердження **Рудольфа Карнапа** і **Карла Хемпель** (1905-1997) здійснено спробу зрозуміти, як знання можуть бути придбані з досвіду. У книзі **Карнапа** *The Logical Structure of the World* визначена явно задана обчислювальна процедура для отримання знань з результатів елементарних дослідів. Мабуть, це - перша теорія мислення як обчислювального процесу.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Заключним елементом в цьому вернісвжі філософських досліджень проблеми розуму є зв'язок між знаннями і діями. Дане питання для штучного інтелекту є життєво важливим, оскільки інтелектуальність вимагає не тільки роздумів, а й дій. Крім того, тільки зрозумівши способи обґрунтування дій, можна зрозуміти, як створити агента, дії якого будуть обґрунтованими (або раціональними).

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- **Аристотель** стверджував, що дії обґрунтовані логічним зв'язком між цілями і знаннями про результати даного конкретного дії.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- «... метою розумової діяльності виявляється умоглядне судження ..., тоді як висновком, який впливає з даних двох передумов, є дія ... Мені потрібен захист від дощу; захистом може послужити плащ. Мені потрібен плащ. Я повинен сам виготовити те, у чому маю потребу; я потребую плащі. Я повинен виготовити плащ. І висновок "я повинен виготовити плащ" стає дією ».

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Алгоритм **Аристотеля** був реалізований через 2300 років **Ньюеллом і Саймоном** в програмі **GPS (General Problem Solver, 1957)**. Тепер те, що створено на його базі, прийнято називати регресивною системою планування.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Філософи сформулювали найбільш важливі ідеї штучного інтелекту, але для перетворення його в формальну науку треба було досягти певного рівня математичної формалізації в трьох фундаментальних областях: логіка, обчислення та ймовірність.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Математика (період приблизно з 800 року по теперішній час)

- Які формальні правила формування правильних висновків?
- Як визначити межі обчислюваності?
- Як проводити міркування з використанням недостовірної інформації?

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Витоки ідей формальної логіки можна знайти в роботах філософів стародавньої Греції, але її становлення як математичної дисципліни фактично почалася з праць **Джорджа Буля** (1815-1864), який детально розробив логіку висловлювань, або булеву логіку. У 1879 році **Готтлоб Фреге** (1848-1925) розширив булеву логіку для включення в неї об'єктів і відносин, створивши логіку першого порядку, яка в даний час використовується як найбільш фундаментальна система представлення знань.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- **Альфред Тарський** (1902-1983) вперше ввів в науковий обіг *теорію посилань*, яка показує, як зв'язати логічні об'єкти з об'єктами реального світу. Наступний етап полягав у визначенні меж того, що може бути зроблено за допомогою логіки і обчислень.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Першим нетривіальним алгоритмом вважається алгоритм обчислення найбільшого спільного знаменника, запропонований **Евклідом**. Дослідження алгоритмів як самостійних об'єктів було розпочато **аль-Хорезмі**, середньоазіатським математиком IX століття, завдяки роботам якого Європа познайомила з арабськими цифрами і алгеброю.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Буль і інші вчені широко обговорювали алгоритми логічного виведення, а до кінця ХІХ століття вже робилися зусилля по формалізації загальних принципів проведення математичних міркувань як логічного висновку.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- У 1900 році **Давид Гільберт** (1862-1943) представив список з 24 проблем і правильно передбачив, що ці проблеми будуть займати математиків майже до кінця ХХ століття. Остання з цих проблем є питання про те, чи існує алгоритм для визначення істинності будь-якого логічного висловлювання, до складу якого входять натуральні числа.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Це - так звана знаменита проблема пошуку рішення (*Entscheidungsproblem*). По суті, це питання, заданий **Гильбертом**, зводився до визначення того, чи є фундаментальні межі, що обмежують потужність ефективних процедур докази.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- У 1930 році **Курт Гедель** (1906-1978) показав, що існує ефективна процедура доказу будь-якого справжнього висловлювання в логіці першого порядку Фреге і Рассела, але при цьому логіка першого порядку не дозволяє висловити принцип математичної індукції, необхідний для подання натуральних чисел.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- У 1931 році **Гедель** показав, що дійсно існують реальні межі обчислюваності. Запропонована ним теорема про неповноту показує, що в будь-якій мові, досить виразному для опису властивостей натуральних чисел, існують істинні висловлювання, які є недоказовими, в тому сенсі, що їх істинність неможливо встановити за допомогою будь-якого алгоритму.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Цей фундаментальний результат може також розглядатися як демонстрація того, що є деякі функції від цілих чисел, які не можуть бути представлені за допомогою будь-якого алгоритму, тобто вони не можуть бути обчислені.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Це спонукало **Алана Тьюринга** (1912-1954) спробувати точно охарактеризувати, які функції здатні бути обчисленими. Цей підхід фактично трохи проблематичний, оскільки в дійсності поняття обчислення, або ефективної процедури обчислення, не може бути дано формальне визначення.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Але загальноновизнано, що цілком задовільний визначення дано в тезі **Черча-Тьюринга**, який вказує, що машина **Тьюринга** здатна обчислити будь-яку обчислюваної функції. Крім того, Тьюринг показав, що існують деякі функції, які не можуть бути обчислені машиною Тьюринга. Наприклад, взагалі кажучи, жодна машина не здатна визначити, поверне дана конкретна програма відповідь на конкретні вхідні дані або буде працювати до нескінченності.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Хоча для розуміння можливостей обчислення дуже важливі поняття недовідності і невичіслімості, набагато більший вплив на розвиток штучного інтелекту зробило поняття нерозв'язності. Грубо кажучи, завдання називається нерозв'язною, якщо час, необхідний для вирішення окремих екземплярів цього завдання, зростає експоненціально зі збільшенням розмірів цих примірників.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Різниця між поліноміальних і ростом складності було вперше підкреслено в середині 1960-х років в роботах **Кобхем і Едмондс**. Важливість цього відкриття полягає в наступному: експоненціальне зростання означає, що навіть екземпляри завдання помірної величини не можуть бути вирішені за будь-яке прийнятне час. Тому, наприклад, доводиться займатися поділом загальної задачі вироблення інтелектуального поведінки на розв'язні підзадачі, а не намагатися вирішувати нездійсненне завдання.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Як можна розпізнати нерозв'язну проблему? Один з прийнятних методів такого розпізнавання представлений у вигляді теорії NP-повноти, вперше запропонованої **Стівеном Куком** і **Річардом Карпом**. Кук і Карпо показали, що існують великі класи канонічних задач комбінаторного пошуку і формування міркувань, які є NP-повними.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Існує ймовірність того, що будь-який клас задач, до якого зводиться цей клас NP-повних задач, є нерозв'язним. Хоча ще не було доведено, що NP-повні задачі обов'язково є нерозв'язними, більшість теоретиків вважають, що справа йде саме так.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Крім логіки і теорії обчислень, третій за величиною внесок математиків в штучний інтелект полягав у розробці теорії ймовірностей. Ідея ймовірності була вперше сформульована італійським математиком **Джироламо Кардано** (1501-1576), який описав її в термінах результатів подій з кількома наслідками, що виникають в азартних іграх.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Теорія ймовірностей швидко стала невід'ємною частиною всіх кількісних наук, допомагаючи використовувати недостовірні результати вимірів і неповні теорії. **П'єр Ферма** (1601- 1665), **Блез Паскаль** (1623-1662), **Джеймс Бернуллі** (1654-1705), **П'єр Лаплас** (1749-1827) та інші вчені внесли великий вклад в цю теорію і ввели нові статистичні методи.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- **Томас Байес** (1702-1761) запропонував правило поновлення ймовірностей з урахуванням нових фактів. Правило Байеса і виникло на його основі науковий напрям, зване Байєсовим аналізом, лежать в основі більшості сучасних підходів до проведення міркувань з урахуванням невизначеності в системах штучного інтелекту.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Економіка (період з 1776 року по теперішній час)

- Як слід організувати прийняття рішень для максимізації винагороди?
- Як діяти в таких умовах, коли інші можуть перешкоджати здійсненню намічених дій?
- Як діяти в таких умовах, коли винагорода може бути надано лише у віддаленому майбутньому?

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Економіка як наука виникла в 1776 році, коли шотлан-дський філософ **Адам Сміт** (1723-1790) опублікував свою книгу *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations* (*Дослідження про природу і причини багатства народів*). Важливий внесок в економіку був зроблений ще давньогрецькими вченими та іншими по-передниками, але тільки Сміт вперше зумів оформити цю область знань як науку, використовуючи ідею, що будь-яку економіку можна розглядати як складається з окремих агентів, які прагнуть максимізувати свій власний економічний добробут.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Більшість людей вважають, що економіка присвячена вивченню грошового обороту, але будь-який економіст відповість на це, що в дійсності він вивчає те, як люди роблять вибір, який веде до кращим для них результатів. Математична трактування поняття "бажаних результатів", або корисності, була вперше формалізована **Леоном Валрасом** (1834-1910), уточнена **Френком Рамсея**, а потім вдосконалена **Джоном фон Нейманом** і **Оскармом Моргенштерном**.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- *Теорія рішень*, яка об'єднує в собі теорію ймовірностей і теорію корисності, надає формальну і повну інфраструктуру для прийняття рішень (в області економіки або в іншій області) в умовах невизначеності, тобто в тих випадках, коли середовище, в якій діє особа, яка приймає рішення, найбільш адекватно може бути представлена лише за допомогою імовірнісних описів.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Вона добре підходить для "великих" економічних утворень, де кожен агент не зобов'язаний враховувати дії інших агентів як індивідуумів. А в "невеликих" економічних утвореннях ситуація в більшій мірі нагадує гру, оскільки дії одного гравця можуть істотно вплинути на корисність дій іншого (або позитивно, або негативно).

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- *Теорія ігор*, розроблена **фон Нейманом** і **Моргенштерном**, дозволяє зробити несподіваний висновок, що в деяких іграх раціональний агент повинен діяти випадковим чином або, принаймні, таким чином, який здається випадковим для суперників.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Економісти найчастіше не прагнуть знайти відповідь на третє питання, наведений вище, тобто не намагаються виробити спосіб прийняття раціональних рішень в тих умовах, коли винагороду у відповідь на певні дії не надається негайно, а стає результатом кількох дій, виконаних в певній послідовності.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Вивченню цієї теми присвячена область дослідження операцій, яка виникла під час Другої світової війни в результаті зусиль, які були зроблені в Британії по оптимізації роботи радарних установок, а в подальшому знайшла застосування і в громадянському суспільстві при виробленні складних управлінських рішень. В роботі **Річарда Беллмана** формалізований певний клас послідовних завдань вироблення рішень, які називаються марковскими процесами прийняття рішень (*Markov Decision Process - MDP*).

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Неврологія (період з 1861 року по теперішній час)

- Як відбувається обробка інформації в мозку?

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- *Неврологія* - це наука, присвячена вивченню нервової системи, зокрема мозку. Однією з найбільших загадок, які чинять спротив наукового опису, залишається визначення того, як саме мозок забезпечує мислення.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Дослідження афазії (порушення мови) у пацієнтів з пошкодженням мозку, проведені **Полем Брока** (1824-1880) в 1861 році, знову пробудили інтерес до цієї наукової області та послужили для багатьох представників медицини доказом існування в мозку локалізованих ділянок, відповідальних за конкретні пізнавальні функції. Наприклад, цей вчений показав, що функції формування мови зосереджені в тій частині лівої півкулі, яка тепер називається зоною Брока.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- На той час уже було відомо, що мозок складається з нервових клітин, або нейронів, але тільки в 1873 році **Камілло Гольджі** (1843-1926) зумів розробити надійний метод, що дозволяє спостерігати за окремими нейронами в мозку. Цей метод використовував **Сантьяго Рамон і Кахал** (1852-1934) в своїх піонерських дослідженнях нейронних структур мозку.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Проте роботи в області неврології дозволяють зробити воістину дивовижне висновок про те, що спільна робота простих клітин може призводити до появи мислення, дії і свідомості або, іншими словами, що мозок породжує розум. Після цього відкриття єдиною реальною альтернативною теорією залишається містицизм, прихильники якого проголошують, що існує якесь містичне простір, що знаходиться за межами фізичного досвіду, в якому функціонує розум.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Обчислювальна техніка (період з 1940 року по теперішній час)

- Яким чином можна створити ефективний комп'ютер?

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Для успішного створення штучного інтелекту потрібно, по-перше, інтелект і, по-друге, артефакт. Найкращим артефактом в цій області завжди був комп'ютер. Сучасний цифровий електронний комп'ютер був винайдений незалежно і майже одночасно вченими трьох країн, що беруть участь у Другій світовій війні.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Першим операційним комп'ютером було електромеханічний пристрій Heath Robinson, створене в 1940 році групою **Алана Тьюринга** для єдиної мети - розшифровки повідомлень, переданих німецькими військами. У 1943 році та ж група розробила потужний комп'ютер загального призначення, що отримав назву Colossus, в конструкції якого застосовувалися електронні лампи.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Першим операційним програмованим комп'ютером був комп'ютер Z-3, винайдений **Конрадом Цузе** в Німеччині в 1941 році. Цузе винайшов також числа з плаваючою точкою і створив перший мова програмування високого рівня *Plankalkul*.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Перший електронний комп'ютер, ABC, був зібраний **Джоном Атанасовим** і його студентом Клиффордом **Беррі** в період з 1940 по 1942 рік в університеті штату Айова. Дослідження Атанасова майже не отримали підтримки або визнання; як виявилось, найбільший вплив на розвиток сучасних комп'ютерів зробив комп'ютер ENIAC, розроблений в складі секретного військового проекту в Пенсильванському університеті групою фахівців, до складу якої входили **Джон Мочлі** і **Джон Екерт**.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Штучний інтелект багато в чому зобов'язаний також тих напрямках комп'ютерних наук, які стосуються програмного забезпечення, оскільки саме в рамках цих напрямків створюються операційні системи, мови програмування та інструментальні засоби, необхідні для написання сучасних програм (і статей про них).

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Ця область є однією з тих, де штучний інтелект в повній мірі відшкодовує свої борг: роботи в галузі штучного інтелекту стали джерелом багатьох ідей, які потім були втілені в основних напрямках розвитку комп'ютерних наук, включаючи поділ часу, інтерактивні інтерпретатори, персональні комп'ютери з віконними інтерфейсами і підтримкою позиціонують пристроїв, застосування середовища прискореної обробки, створення типів даних у вигляді зв'язкових списків, автоматичне керування пам'яттю і ключові концепції символічного, функціонального, динамічного і об'єктно-орієнтованого програмування.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Теорія управління і кібернетика (період з 1948 року по теперішній час)

- Яким чином артефакти можуть працювати під своїм власним керуванням?

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Перше самоврядні пристрій було побудовано **Ктесибієм з Олександрії** (приблизно в 250 році до н.е.); це були водяний годинник з регулятором, який підтримував потік води, що тече через ці години з постійним, передбачуваним витратою. Цей винахід змінив уявлення про те, на що можуть бути здатні пристрою, створені людиною. До його появи вважалося, що тільки живі істоти здатні модифікувати свою поведінку у відповідь на зміни в навколишньому середовищі.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- До інших прикладів саморегулюючих систем управління зі зворотним зв'язком відносяться регулятор парової машини, створений **Джеймсом Уаттом** (1736-1819), і термостат, винайдений **Корнеліс Дреббелем** (1572-1633), який винайшов також підводний човен. Математична теорія стійких систем зі зворотним зв'язком була розроблена в XIX столітті.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Центральною фігурою в створенні науки, яка тепер називається теорією управління, був **Норберт Вінер** (1894-1964). Вінер був блискучим математиком, який спільно працював з багатьма вченими, включаючи **Бертрана Рассела**, під впливом яких у нього з'явився інтерес до вивчення біологічних і механічних систем управління і їх зв'язку з пізнанням.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- В кінці 1940-х років **Вінер** спільно з **Уорреном Мак-Каллоком**, **Уолтером Питтсом** і **Джоном фон Нейманом** організував ряд конференцій, на яких розглядалися нові математичні та обчислювальні моделі пізнання; ці конференції дуже вплинули на погляди багатьох інших дослідників в галузі наук про поведінку. Книга Вінера *Cybernetics* , в якій було вперше дано визначення кібернетики як науки, стала бестселером і переконала широкі кола громадськості в тому, що мрія про створення машин, що володіють ШІ, втілилася в реальність.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Предметом сучасної теорії управління, особливо тієї її гілки, яка отримала назву стохастичного оптимального управління, є проектування систем, які максимізують цільову функцію в часі.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Диференціальне й інтегральне числення, а також алгебра матриць, які є інструментами теорії управління, в найбільшій мірі підходять для аналізу систем, які можуть бути описані за допомогою фіксованих множин безперервно змінюються змінних; більш того, точний аналіз, як правило, здійснимо тільки для лінійних систем.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Лінгвістика (період з 1957 року по теперішній час)

- Яким чином мова пов'язаний з мисленням?

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- У 1957 році **Б.Ф. Скіннер** опублікував свою книгу *Verbal Behavior* . Це був всеосяжний, детальний звіт про результати досліджень по вивченню мови, проведених в рамках біхевіористичного підходу, який був написаний найбільш видатним експертом в цій галузі.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Але дуже цікаво те, що рецензія до цієї книги стала не менш відомої, ніж сама книга, і послужила причиною майже повного зникнення інтересу до біхевіоризму. Автором цієї рецензії був **Ноам Хомський**, який сам щойно опублікував книгу з викладом своєї власної теорії, *Syntactic Structures* .

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- **Хомський** показав, що біхевіористична теорія не дозволяє зрозуміти витoki творчої діяльності, здійснюваної за допомогою мови, - вона не пояснює, чому дитина здатна розуміти і складати пропозиції, які він досі ніколи ще не чув. Теорія Хомського, заснована на синтаксичних моделях, висхідних до робіт давньоіндійської лінгвіста **Паніні** (приблизно 350 рік до н.е.), дозволяла пояснити цей феномен, і, на відміну від попередніх теорій, виявилася досить формальною для того, щоб її можна було реалізувати в вигляді програм.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Таким чином, сучасна лінгвістика і штучний інтелект, які "народилися" приблизно в один і той же час і продовжують разом рости, перетинаються в гібридній області, званої обчислювальної (або комп'ютерної) лінгвістики або обробкою природної мови. Незабаром було виявлено, що проблема розуміння мови є набагато складнішою, ніж це здавалося в 1957 році.

ПЕРЕДІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Для розуміння мови потрібне розуміння предмета і контексту мови, а не тільки аналіз структури пропозицій. Це твердження тепер здається очевидним, але сам цей факт не був широко визнаний до 1960-х років. Основна частина ранніх робіт в області подання знань (науки про те, як перетворити знання в таку форму, з якою може оперувати комп'ютер) була прив'язана до мови і жила дослідженнями в галузі лінгвістики, які, в свою чергу, ґрунтувалися на результатах філософського аналізу мови, що проводилося протягом багатьох десятиріч.

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Поява передумов штучного інтелекту (період з 1943 року по 1955 рік)

- Перша робота, яка тепер за загальним визнанням вважається відноситься до штучного інтелекту, була виконана **Уорреном Мак-Каллоком і Уолтером Питтсом**. Вони черпали натхнення з трьох джерел: знання основ фізіології і призначення нейронів в мозку; формальний аналіз логіки висловлювань, взятий з робіт **Рассела і Уайтхеда**; а також теорія обчислень **Тьюринга**.

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Поява передумов штучного інтелекту (період з 1943 року по 1955 рік)

- **Мак-Каллок і Піттс** запропонували модель, що складається з штучних нейронів, в якій кожен нейрон характеризувався як що знаходиться під "включеному" або "вимкненому" стані, а перехід у "включене" стан відбувався у відповідь на стимуляцію достатньої кількості сусідніх нейронів. Стан нейрона розглядалося як "фактично еквівалентне висловом, в якому пропонується адекватну кількість стимулів".

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Поява передумов штучного інтелекту (період з 1943 року по 1955 рік)

- Два аспіранта факультету математики Принстонського університету, **Марвін Мінський** і **Дін Едмондс**, в 1951 році створили *перший мережевий комп'ютер на основі нейронної мережі*. В цьому комп'ютері, що отримав назву Snake, використовувалося 3000 електронних ламп і додатковий механізм автопілота з бомбардувальника В-24 для моделювання мережі з 40 нейронів.

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Поява передумов штучного інтелекту (період з 1943 року по 1955 рік)

- Атестаційна комісія, перед якою **Мінський** захищав дисертацію доктора філософії, висловила сумнів в тому, чи може робота такого роду розглядатися як математична, на що **фон Нейман**, за словами сучасників, заперечив: "Сьогодні - немає, але колись буде". Надалі **Мінський** довів дуже важливі теореми, що показують, з якими обмеженнями повинні зіткнутися дослідження в області нейронних мереж.

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Поява передумов штучного інтелекту (період з 1943 року по 1955 рік)

- Саме **Алан Тьюринг** вперше висловив повне уявлення про штучний інтелект в своїй статті *Computing Machinery and Intelligence* , яка була опублікована в 1950 році. У цій статті він описав тест **Тьюринга**, принципи машинного навчання, генетичні алгоритми і навчання з підкріпленням.

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Народження штучного інтелекту (1956 рік)

- У Принстонському університеті проводив свої дослідження ще один авторитетний фахівець в області штучного інтелекту, **Джон Маккарті**. Після отримання наукового ступеня **Маккарті** перейшов в Дартмутський коледж, який і став офіційним місцем народження цієї галузі знань. **Маккарті** умовив **Марвіна Мінського**, **Клода Шеннона** і **Натаніеля Рочестера**, щоб вони допомогли йому зібрати всіх американських дослідників, які виявляють інтерес до теорії автоматів, нейронних мереж і дослідженням інтелекту. Вони організували двомісячний семінар в Дартмуті влітку 1956 року.

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Народження штучного інтелекту (1956 рік)

- Два дослідники з технологічного інституту Карнегі, **Аллен Ньюелл** і **Герберт Саймон**, буквально монополізували все це уявлення. Тоді як інші могли лише поділитися своїми ідеями і в деяких випадках показати програми для таких конкретних програм, як шашки, Ньюелл і Саймон вже міг продемонструвати програму, котра проводить міркування, Logic Theorist (LT), або логік-теоретик, щодо якої Саймон заявив : "Ми винайшли комп'ютерну програму, здатну мислити в нечислових термінах і тому вирішили поважну проблему про співвідношення духу і тіла".

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Народження штучного інтелекту (1956 рік)

- Незабаром після цього семінару програма показала свою здатність довести більшість теорем з глави 2 праці **Рассела і Уайтхеда** *Principia Mathematica* . Повідомляли, що Рассел був у захваті, коли Саймон показав йому, що ця програма запропонувала доказ однієї теореми, більш короткий, ніж в *Principia* . Редактори *Journal of Symbolic Logic* виявилися менш схильними до емоціям; вони відмовилися приймати статтю, в якості співавторів якої були вказані Ньюелл, Саймон і програма Logic Theorist.

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Ранній ентузіазм, великі очікування (період з 1952 року по 1969 рік)
- Системи, засновані на знаннях: чи можуть вони стати ключем до успіху (період з 1969 року по 1979 рік)
- Перетворення штучного інтелекту в індустрію (період з 1980 року по теперішній час)

ІСТОРІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

- Повернення до нейронних мереж (період з 1986 року по теперішній час)
- Перетворення штучного інтелекту в науку (період з 1987 року по теперішній час)
- Поява підходу, заснованого на використанні інтелектуальних агентів (період з 1995 року по теперішній час)

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- Автономне планування і складання розкладів. Працюючи на видаленні в сотні мільйонів кілометрів від Землі програма Remote Agent агентства NASA стала першою бортовий автономної програмою планування, призначеної для управління процесами складання розкладу операцій для космічного апарату. Програма Remote Agent виробляла плани на основі цілей високого рівня, що задаються за Землі, а також контролювала роботу космічного апарату в ході виконання планів: виявляла, діагностувала і усувала неполадки в міру їх виникнення.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- Ведення ігор. Програма Deep Blue компанії IBM стала першою комп'ютерною програмою, якій вдалося перемогти чемпіона світу в шаховому матчі, після того як вона обіграла Гаррі Каспарова з рахунком 3,5: 2,5 в показовому матчі.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- *Автономне управління.* Система комп'ютерного зору Alvinn була навчена водінню автомобіля, дотримуючись певної смуги руху. В університеті CMU ця система була розміщена в мікроавтобусі, керованому комп'ютером NavLab, і використовувалося для проїзду по Сполученим Штатам; протягом 2850 миль (4586,6 км) система забезпечувала рульове керування автомобілем протягом 98% часу. Людина брав на себе управління лише протягом решти 2%. Комп'ютер NavLab був обладнаний відеокамерами, які передавали зображення дороги в

систему Alvin, а потім ця система обчислювала найкраще напрямки руху, ґрунтуючись на досвіді, отриманому в попередніх навчальних пробігах.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- *Діагностика.* Медичні діагностичні програми, засновані на імовірнісному аналізі, зуміли досягти рівня досвідченого лікаря в декількох областях медицини. Хекерман описав випадок, коли провідний спеціаліст в області патології лімфатичних вузлів не погодився з діагнозом програми в особливо складному випадку. Творці програми запропонували, щоб цей лікар запросив у комп'ютера пояснення з приводу даного діагнозу. Машина вказала основні чинники, що вплинули на її рішення, і пояснила нюанси взаємодії декількох симптомів, що спостерігалися в даному випадку. В кінцевому підсумку експерт погодився з рішенням програми.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- *Планування постачання.* Під час кризи в Перській затоці в 1991 році в армії США була розгорнута система DART (Dynamic Analysis and Replanning) [311] для забезпечення автоматизованого планування поставок і складання графіків перевезень. Робота цієї системи охоплювала одночасно до 50 000 автомобілів, одиниць вантажу і людей; в ній доводилося враховувати пункти відправлення та призначення, маршрути, а також усувати конфлікти між усіма параметрами.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- Методи планування на основі штучного інтелекту дозволяли виробляти протягом лічених годин такі плани, для складання яких старими методами потрібні були б тижні. Представники агентства DARPA (Defense Advanced Research Project Agency - Управління перспективних дослідницьких програм) заявили, що одне лише це додаток сторицею окупило тридцятирічні інвестиції в штучний інтелект, зроблені цим агентством.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- *Робототехніка.* Багато хірурги тепер використовують роботів-асистентів в мікрохірургії. Наприклад, HipNav [398] - це система, в якій використовуються методи комп'ютерного зору для створення тривимірної моделі анатомії внутрішніх органів пацієнта, а потім застосовується робототехнічні управління для керівництва процесом вставки протеза, що заміняє тазостегновий суглоб.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- *Розуміння природної мови і рішення задач.* Програма Proverb - це комп'ютерна програма, яка вирішує кросворди набагато краще, ніж більшість людей; в ній використовуються обмеження, що визначають склад можливих наповнювачів слів, велика база з даними про зустрічатися шихся раніше кросвордах, а також безліч різних джерел інформації, включно зі словниками та оперативні бази даних, таких як списки кінофільмів і акторів, які грали в цих фільмах.

СУЧАСНИЙ СТАН РОЗРОБОК

- Наприклад, ця програма здатна визначити, що одним з рішень, придатних для ключа "Nice Story", є слово "ETAGE", оскільки її база даних зі тримає пару ключ-рішення "Story in France / ETAGE", а сама програма розпізнає, що шаблони "Nice x" і "X in France" часто мають одне і те ж рішення. Програма не знає, що Nice (Ніцца) - місто у Франції, але здатна розгадати цю головоломку.

ПІДСУМОК

- Вище наведено лише кілька прикладів систем штучного інтелекту, які існують в даний час. Штучний інтелект - це не магія і не наукова фантастика, а сплав методів науки, техніки і математики.

**Наступна лекція буде присвячена
інтелектуальним агентам**