

## **Модуль № 1. «Базові підходи до розв'язання інтелектуальних завдань»**

### **Лекція 1.1. Предмет штучного інтелекту. Інтелект як високоорганізована кібернетична система.**

Метою вивчення дисципліни є підготовка фахівців в області автоматизації складноформалізуємих задач, які до цих пір вважаються прерогативою людини.

Термін інтелект ( intelligence ) походить від латинського intellectus, що означає "розум, розум, розум ; розумові здібності людини". Відповідно штучний інтелект ( artificial intelligence ) - ШІ ( AI) звичайно тлумачиться як властивість автоматичних систем брати на себе окремі функції інтелекту людини, наприклад, вибирати і приймати оптимальні рішення на основі раніше отриманого досвіду і раціонального аналізу зовнішніх впливів.

При вивченні даної дисципліни інтелектом будемо називати здатність мозку вирішувати ( інтелектуальні ) завдання шляхом придбання, запам'ятовування і цілеспрямованого перетворення знань в процесі навчання на досвіді й адаптації до різноманітних обставин.

У цьому визначенні під терміном " знання " мається на увазі не тільки та інформація, яка надходить у мозок через органи почуттів. Такого типу знання надзвичайно важливі, але недостатні для інтелектуальної діяльності.

Під алгоритмом розуміють точне розпорядження про виконання в певному порядку системи операцій для розв'язання будь-якої задачі з деякого даного класу ( множини ) задач.

Діяльність мозку ( що володіє інтелектом ), спрямовану на розв'язання інтелектуальних завдань, ми будемо називати мисленням, або інтелектуальною діяльністю. Інтелект і мислення органічно пов'язані з розв'язанням таких завдань, як доказ теорем, логічний аналіз, розпізнавання ситуацій, планування поведінки, ігри і керування в умовах невизначеності. Характерними рисами інтелекту, що проявляються в процесі розв'язання завдань, є здатність до навчання, узагальнення, накопиченню досвіду ( знань і навичок ) і адаптації до умов, що змінюються в процесі розв'язання задач. Завдяки цим якостям інтелекту мозок може вирішувати різноманітні завдання, а також легко перебудовуватися з рішення однієї задачі на іншу.

Мозок, наділений інтелектом, є універсальним засобом розв'язання широкого кола завдань ( у тому числі неформалізованих ), для яких немає стандартних, заздалегідь відомих методів рішення.

Основна філософська проблема в сфері ШІ - можливість або неможливість моделювання мислення людини.

Наступним філософським питанням ШІ є мета створення.

Історично склалися три основних напрямки в моделюванні ШІ.

В рамках першого підходу об'єктом досліджень є структура і механізми роботи мозку людини, а кінцева мета полягає в розкритті таємниць мислення. Необхідними етапами досліджень у цьому напрямі є побудова моделей на основі психофізіологічних даних, проведення експериментів з ними, висування нових гіпотез щодо механізмів інтелектуальної діяльності, вдосконалення моделей і т. д.

Другий підхід як об'єкт дослідження розглядає ШІ. Тут мова йде про моделювання інтелектуальної діяльності за допомогою обчислювальних машин. Метою робіт у цьому напрямку є створення алгоритмічного і програмного забезпечення обчислювальних машин, що дозволяє вирішувати інтелектуальні завдання не гірше людини.

Третій підхід, який орієнтований на створення змішаних людиною – машинних, або, як ще кажуть, інтерактивних інтелектуальних систем, на симбіоз можливостей природного та штучного інтелекту. Найважливішими проблемами в цих дослідженнях є оптимальний розподіл функцій між природним і штучним інтелектом і організація діалогу між людиною і машиною.

### **Лекція 1.2. Дані, інформація, знання.**

Дані - подання на строгій формалізованій мові фактів або понять, що допускають обробку обчислювальними методами (Кнут)

Дані - це зареєстровані сигнали.

У ході інформаційного процесу дані перетворюються з одного виду в інший за допомогою методів. Обробка даних містить у собі безліч різних операцій. В міру розвитку науково-технічного прогресу й загального ускладнення зв'язків у людському суспільстві трудозатрати на обробку даних неухильно зростають. Насамперед це пов'язане з постійним ускладненням умов керування виробництвом і суспільством. Другий фактор, що також викликає загальне збільшення обсягів оброблюваних даних, теж пов'язаний з науково-технічним прогресом, а саме зі швидкими темпами появи й впровадження нових носіїв даних, засобів їхнього зберігання й доставки.

У структурі можливих операцій з даними можна виділити наступні основні:

- збір даних - нагромадження інформації з метою забезпечення достатньої повноти для прийняття рішень;
- формалізація даних - приведення даних, що надходять із різних джерел, до однакової форми, щоб зробити їх порівнянними між собою, тобто підвищити їхній рівень доступності;
- фільтрація даних - відсівання «зайвих» даних, у яких немає необхідності для прийняття рішень; при цьому повинен зменшуватися рівень «шуму», а вірогідність і адекватність даних повинні зростати;
- сортування даних - впорядкування даних по заданій ознаці з метою зручності використання; підвищення доступності інформації;
- архівація даних - організація зберігання даних у зручній і легкодоступній формі; служить для зниження економічних витрат по зберіганню даних і підвищує загальну надійність інформаційного процесу в цілому;
- захист даних - комплекс заходів, спрямованих на запобігання втрати, відтворення й модифікації даних;
- транспортування даних - прийом і передача (доставка й поставка) даних між вилученими учасниками інформаційного процесу; при цьому джерело даних в інформатиці прийняті називати сервером, а споживача - клієнтом;
- перетворення даних - переклад даних з однієї форми в іншу або з однієї структури в іншу. Перетворення даних часто пов'язане зі зміною типу носія: наприклад книги можна зберігати у звичайній паперовій формі, але можна використати для цього й електронну форму, і мікрофотоплівку. Необхідність у багаторазовому перетворенні даних виникає також при їхньому транспортуванні, особливо якщо вона здійснюється засобами, не призначеними для транспортування даного виду даних.

Інформація - зміст даних, факти або поняття (Кнут)

Інформація - це продукт взаємодії даних і адекватних їм методів обробки. (Симонович)

Необхідно звернути увагу, що дані несуть у собі інформацію про події, що відбулися в матеріальному світі, оскільки вони є реєстрацією сигналів, що виникли в результаті цих подій. Однак дані не тотожні інформації. Спостерігаючи випромінювання далеких зірок, людина одержує певний потік даних, але чи стануть ці дані, інформацією» залежить ще від дуже багатьох обставин.

Основними формами подання інформації є символна, текстова, графічна та мультимедійна. Символьна форма ґрунтується на використанні символів — літер, цифр, знаків і т. д., є найбільш простою і практично застосовується тільки для передачі сигналів про різні події. Більш складною є текстова форма подання інформації. Тут, як і в попередній формі, використовуються символи — літери, цифри, математичні знаки. Однак інформація закладена не тільки в цих символах, але й у їхньому сполученні, порядку проходження. Наприклад, слова «тіло» і «літо» мають однакові літери, але містять різну інформацію. Завдяки взаємозв'язку символів і відображенню мови людини текстова інформація надзвичайно зручна і широко використовується в повсякденному житті. Однак найбільш місткою, але і найбільш складною є графічна та мультимедійна форми подання інформації.

Графічна інформація - образи природи, фотографії, креслення, схеми, малюнки мають велике значення в нашому житті і містять величезну кількість інформації.

Мультимедійна інформація через відео- та аудіо інформацію, створює віртуальний простір, додає реальності та динамізму інформації. І хоча інформація не має ні маси, ні геометричних розмірів, жодних фізичних або хімічних властивостей, проте для її існування

обов'язкова наявність якогось матеріального об'єкта, що передає або зберігає інформацію. Таких об'єктів досить багато, і їхня кількість увесь час зростає.

Тому, інформацію можна розглядати як динамічний об'єкт, що утвориться в момент взаємодії об'єктивних даних і суб'єктивних методів.

Інформацію можна створити, передавати, зберігати, шукати, приймати, розмножувати, оброблювати і знищувати.

Знання - це відображення людиною об'єктивної дійсності у формі фактів, зображень, понять та законів.

Знання - це цілісна система відомостей, пізнання, які накопичені людством.

Знання — сукупність відомостей про світ, що включає в себе інформацію про властивості об'єктів, закономірності процесів та явищ, а також правила використання цієї інформації для прийняття рішень.

Дослідники в галузі штучного інтелекту класифікують знання на:

- фактичні і стратегічні знання. Фактичні знання - основні закономірності предметної області, що дозволяють вирішувати конкретні виробничі, наукові та інші завдання, тобто факти, поняття, взаємозв'язки, оцінки, правила, евристики. Стратегічні знання - стратегії прийняття рішень в предметній області;

- факти та евристики. Факти вказують на добре відомі в тій чи іншій предметній області обставин. Такі знання ще називають текстовими, маючи на увазі достатню їх освітленість в спеціальній літературі та підручниках. Евристики ґрунтуються на індивідуальному досвіді спеціаліста (експерта) в предметній області, накопиченому в результаті багаторічної практики. Ця категорія знань нерідко відіграє вирішальну роль при побудові інтелектуальних програм. До евристик відносяться такі знання, як «способи видалення непотрібних гіпотез», способи використання нечіткої інформації», «способи вирішення протиріч» і т.п. ;

- факти і правила. Факти - це знання типу «А - це А», такі знання характерні для баз даних і мережевих моделей. Правила, або продукції, - це знання типу «ЯКЩО А, ТО В».

- явні та неявні. Явні знання ми можемо описати на певній формальній мові. Неявні знання інколи називають підсвідомими знаннями, оскільки вони не можуть бути виражені за допомогою мови.

- декларативні і процедурні знання. Під декларативними знаннями розуміється опису фактів, явищ (типу «А це В»). Декларативними знаннями називають знання про те, чи є деяке твердження істинним або помилковим. Декларативні знання включають в себе лише представлення про структуру понять. Процедурні знання визначають представлення про засоби та напрямки отримання нового знання, перевірки знань. Процедурні знання часто називають знаннями про те, як зробити те або інше. До процедурних знань відносяться відомості про способи оперування або перетворення декларативних знань. Різниця між декларативним і процедурним поданням можна виразити як розходження між «знати що» і «знати як».;

- інтенціональні і екстенціональні знання. Інтенціональні знання - це знання про зв'язки між атрибутами (ознаками) об'єктів даної предметної області. Вони оперують абстрактними подіями і відносинами. Екстенціональні знання являють собою дані, що характеризують конкретні об'єкти, їх стану, значення параметрів у просторі та часі. У цій класифікації оперують інтенціоналом і екстенціоналом понять. Інтенціонал поняття - це визначення його через співвіднесення з поняттям більш високого рівня абстракції зазначенням специфічних властивостей. Інтенціоналом формулюють знання про об'єкти. Інший спосіб визначає поняття через співвіднесення з поняттями більш низького рівня абстракції або перерахування фактів, що відносяться до обумовленому об'єкту - це визначення через дані, або екстенціонал поняття;

- глибинні та поверхневі знання. У глибинних знаннях відбивається розуміння структури предметної області, призначення і взаємозв'язок окремих понять (глибинні знання у фундаментальних науках - це закони і теоретичні підстави). Поверхневі знання зазвичай стосуються зовнішніх емпіричних асоціацій з яким-небудь феноменом предметної області;

- жорсткі і м'які знання. Жорсткі знання дозволяють отримувати однозначні рекомендації при заданих початкових умовах. М'які знання допускають множинні, «розмиті» рішення і різні варіанти рекомендацій.

При описі предметної області можна умовно класифікувати знання на понятійні, конструктивні, процедурні, фактографічні знання та метазнання.

- Понятійні знання - набір понять, використовуваних при вирішенні даної задачі, наприклад, у фундаментальних науках і теоретичних областях наук, тобто це понятійний апарат науки.

- Конструктивні знання - набори структур, підсистем системи і взаємодій між їх елементами, наприклад, в техніці.

- Процедурні знання - методи, процедури (алгоритми) їх реалізації та ідентифікації, наприклад, в прикладних науках.

- Фактографічні - кількісні і якісні характеристики об'єктів і явищ, наприклад, в експериментальних науках.

- Метазнання - знання про порядок і правила застосування знань (знання про знання).

Особливості знань:

- 1) Інтерпретуємість. Знання відрізняються від даних тим, що вони самі по собі несуть інформацію і можуть бути скриптової поза інтелектуальних систем. Кожній інформаційній одиниці задається унікальне ім'я, яке дозволяє вести пошук.

- 2) Структурованість. Будь-яка інформаційна одиниця може бути включена до складу іншої, з встановленням відносин "тип-підтип", "частина-ціле", "род-вид" або "елемент-клас" новий елемент успадковує загальні властивості.

- 3) Зв'язність. Ситуативні зв'язки дозволяють оцінювати сумісність окремих подій і фактів. При цьому використовують відносини "одночасно", "причина-наслідок", "відношення" і т. д. Семантика відносин може носити декларативний (завдання ієрархії інформаційних одиниць, причинно-наслідкових зв'язків) або процедурний (відношення "аргумент-функція") характер. Відносини структуризації визначають ієрархічні зв'язки.

- 4) Семантична метрика. Можливість визначити відносини ситуативної близькості між групами інформаційних одиниць - для виявлення типових ситуацій, знаходження знань, близьких до заданих.

- 5) Активність. Виконання тих чи інших дій, особливо при поданні знань, як процедурної, так і декларативною складовою, повністю залежить від стану бази знань.

### **Лекція 1.3. Представлення та формалізація знань.**

Представлення знань - структуризація знань з метою формалізації процесів розв'язання задач в певній проблемній області.

Модель представлення знань

Модель представлення знань - формалізм, призначений для відображення статичних і динамічних властивостей предметної області. Розрізняють універсальні і спеціалізовані моделі представлення знань.

Логічні моделі.

Основная идея – вся информация, необходимая для решения прикладных задач, рассматривается как совокупность фактов и утверждений, которые представляются как формулы в некоторой логике. Знания отображаются совокупностью таких формул, а получение новых знаний сводится к реализации процедур логического вывода.

У основі моделей такого типу лежить формальна система, що задається четвіркою вигляду:  $M = \langle T, P, A, V \rangle$ .

Множина  $T$  є безліч базових елементів різної природи, наприклад слів з деякого обмеженого словника, деталей дитячого конструктора, що входять до складу деякого набору і тому подібне.

Множина  $P$  є множина синтаксичних правил. З їх допомогою з елементів  $T$  утворюють синтаксично правильні сукупності. Наприклад, зі слів обмеженого словника будуються синтаксично правильні фрази.

Декларується існування процедури  $P$ , за допомогою якої за кінцеве число кроків можна отримати відповідь на питання, чи є сукупність  $X$  синтаксично правильною.

У множині синтаксично правильних сукупностей виділяється деяка підмножина  $A$ . Елементи  $A$  називаються аксіомами. Як і для інших складових формальної системи, повинна існувати процедура  $P(A)$ , за допомогою якої для будь-якої синтаксично правильної сукупності можна отримати відповідь на питання про приналежність її до множини  $A$ .

Множина  $B$  є множина правил виведення.

Мережеві моделі. У основі моделей цього типу лежить конструкція, названа раніше семантичною мережею. Мережеві моделі формально можна задати у вигляді  $H = \langle I, C_1, C_2 \dots, C_n, P \rangle$ . Тут  $I$  є множина інформаційних одиниць;  $C_1, C_2 \dots, C_n$  – множина типів зв'язків між інформаційними одиницями. Відображення  $P$  задає між інформаційними одиницями, що входять в  $I$ , зв'язки із заданого набору типів зв'язків.

Розрізняють екстенціональна та інтенціональна семантичні мережі. Екстенціональна семантична мережа описує конкретні відносини даної ситуації. Інтенціональна – імена класів об'єктів, а не індивідуальні імена об'єктів. Зв'язки в інтенціональній мережі відображають ті відносини, які завжди притаманні об'єктам даного класу.

Залежно від типів зв'язків, використовуваних в моделі, розрізняють класифікуючі мережі, функціональні мережі і сценарії. У класифікуючих мережах використовуються відносини структуризації. Такі мережі дозволяють в базах знань вводити різні ієрархічні відносини між інформаційними одиницями. Функціональні мережі характеризуються наявністю функціональних відносин. Їх часто називають обчислювальними моделями, оскільки вони дозволяють описувати процедури "обчислень" одних інформаційних одиниць через інших. У сценаріях використовуються каузальні відносини, а також відносини типів "засіб - результат", "знаряддя - дія" і т.п. Якщо в мережевій моделі допускаються зв'язки різного типу, то її зазвичай називають семантичною мережею.

Продукційні моделі. Продукційна модель - це модель, що заснована на правилах, які дозволяють представити знання у вигляді пропозицій типу:

«ЯКЩО умова, ТО дія»

У моделях цього типу використовуються деякі елементи логічних і мережевих моделей. З логічних моделей запозичена ідея правил виводу, які тут називаються продукціями, а з мережевих моделей - опис знань у вигляді семантичної мережі. В результаті застосування правил виводу до фрагментів мережевого опису відбувається трансформація семантичної мережі за рахунок зміни її фрагментів, нарощування мережі і виключення з неї непотрібних фрагментів. Таким чином, в продукційних моделях процедурна інформація явно виділена і описується іншими засобами, чим декларативна інформація. Замість логічного виводу, характерного для логічних моделей, в продукційних моделях з'являється виведення на знаннях.

Фреймові моделі. Фрейм (англ. Frame - рамка, каркас) - структура даних для представлення деякого концептуального об'єкта. Інформація, що відноситься до кадру, міститься в складових его слотах. Слот (англ. Slot - щілина, проріз) може бути термінальним (листом ієрархії) або являти собою фрейм нижнього рівня.

На відміну від моделей інших типів у фреймових моделях фіксується жорстка структура інформаційних одиниць, яка називається протофреймом. У загальному вигляді вона виглядає таким чином:

(Ім'я фрейма:

Ім'я слота 1(значення слота 1)

Ім'я слота 2(значення слота 2)

.....

Ім'я слота К (значення слота К)).

Значенням слота може бути практично що завгодно (числа або математичні співвідношення, тексти на природній мові або програми, правила виводу або посилання на інші слоти даного фрейма або інших фреймів). Як значення слота може виступати набір слотів нижчого рівня, що дозволяє у фреймових уявленнях реалізувати "принцип матрьошки".

Кожен фрейм складається з довільного числа слотів, причому декілька з них зазвичай визначаються самою системою для виконання специфічних функцій, а інші визначаються користувачем.

Фрейми поділяються на:

- фрейм-екземпляр - конкретна реалізація фрейму, що описує поточний стан в предметній області;
- фрейм-зразок - шаблон для опису об'єктів або допустимих ситуацій предметної області;
- фрейм-клас - фрейм верхнього рівня для представлення сукупності фреймів зразків.

Склад фреймів та слотів в кожній конкретній фреймовій моделі може бути різний, проте в рамках однієї системи доцільно єдине уявлення для усунення зайвого ускладнення.

В цілому фреймова модель допускає подання всіх властивостей декларативних і процедурних знань. Глибина вкладеності слотів у фреймі (число рівнів) залежить від предметної області і мови, що реалізує модель.

#### **Лекція 1.4. Підходи до побудови систем штучного інтелекту.**

Існують дві точки зору на те, що слід було б вважати штучним інтелектом. Першу можна назвати нейробіонічною. Її прихильники ставлять перед собою мету відтворити штучним чином ті процеси, які протікають в мозку людини - це шлях вивчення природного мозку, виявлення способів його роботи, створення технічних засобів для повторення біологічних структур і що протікають у них процесів.

Друга точка зору, домінуюча в проблемі штучного інтелекту, може бути названа інформаційною. Прихильники інформаційного результату вважають, що основною метою робіт в штучному інтелекті є не побудова технічного аналога біологічної системи, а створення засобів для розв'язання задач, що традиційно вважаються інтелектуальними.

Інформаційна точка зору в свою чергу неоднорідна. У ній можна виділити три напрямки.

Частина фахівців вважає, що можна знайти свій спосіб її розв'язання на ЕОМ, який дасть небудь результат, подібний людському, або навіть кращий. Фахівці цього напрямку неодноразово демонстрували своє мистецтво по створенню програм такого роду. Досить назвати, наприклад, програми для гри в шахи, які грають в цю гру краще переважної більшості людей, котрі проводять час за шахівницею. Але роблять це програми зовсім не так, як люди.

Інша частина фахівців вважає, що штучний інтелект повинен імітувати не розв'язання окремих (нехай і вельми творчих) завдань. Бо природний інтелект людини - це її здатність при необхідності навчатися тому чи іншому виду творчої діяльності, значить, і програми, створювані в штучному інтелекті, повинні бути орієнтовані не на розв'язання конкретних задач, а на створення для автоматичної побудови необхідних програм розв'язання конкретних задач, коли в цьому виникає необхідність. Саме ця група дослідників зараз визначає обличчя штучного інтелекту, складаючи основну масу фахівців цього профілю.

Третя частина фахівців - це програмісти, чийми руками роблять програми для розв'язання задач штучного інтелекту. Вони схильні розглядати область своєї діяльності як новий виток розвитку програмування. Вони вважають, що кошти, розроблювані для написання програм розв'язання інтелектуальних завдань, зрештою, є засоби, що дозволяють за описом завдання на професійному природною мовою побудувати потрібну програму на підставі тих стандартних програмних модулів, які зберігаються в пам'яті машини. Всі метасредства, які пропонують ті, хто розглядає штучний інтелект як спосіб розібратися на інформаційному рівні, які функції реалізує природний інтелект, коли він вирішує задачу, програмісти бачать крізь призму своєї мети - створення інтелектуального програмного забезпечення (по суті, комплексу засобів, що автоматизують діяльність самого програміста).

Одним з найбільш відомих нейробіонічних пристроїв був перцептрон, запропонований Ф. Розенблат. Він породив ціле сімейство конструкцій, в основі яких лежала ідея первісного устрою Розенבלата.

Метод , який лежав в основі функціонування перцептрона , схожий на ті прийоми , які використовуються в розпізнаванні образів. Це науковий напрямок вельми близько стикається з дослідженнями з штучного інтелекту . Строго кажучи , немає ніяких підстав не включати його до складу нового наукового напрямку . У всякому разі , немає особливих заперечень . Але , традиційно , що виник набагато раніше напрямок , пов'язаний з розпізнаванням образів , існує окремо . Хоча в багатьох прикордонних питаннях ці дві галузі наукових досліджень перекриваються ( наприклад , в методах формування вирішальних правил при навчанні на прикладах і контрприклад , як це відбувається в перцептрони , або в задачах аналізу зорових сцен ) .

Програми для розв'язання інтелектуальних завдань можуть бути розділені на кілька груп , які визначаються типом задач , розв'язуваних цими програмами . Першу групу складають ігрові програми , вони , в свою чергу , діляться на дві підгрупи : людські ігри та комп'ютерні ігри . Особливістю всіх програм для імітації людських ігор є велика роль пошукових процедур - пошук кращого або локально кращого ходу вимагає в складних іграх типу шахів перегляду великого числа варіантів .

З самого початку появи ЕОМ стали створюватися програми для машинного перекладу та автоматичного реферування текстів. Створення цих програм справило значний вплив на розвиток штучного інтелекту , заклало основи тих робіт , які були безпосередньо пов'язані з природно - мовним спілкуванням користувачів з інтелектуальними системами .

В системах машинного перекладу були розроблені моделі і методи , що дозволяють автоматично проводити морфологічний , синтаксичний і багато в чому семантичний аналіз фраз природної мови , намагаючись прийомити аналізу зв'язного тексту. Всі ці результати активно використовуються при обробці природно - мовних текстів в інтелектуальних системах .

Музичні програми , мабуть , найбільш відомі широкій публіці , так як перші досліди по створенню таких програм відразу дали дуже обнадійливі результати. Цей успіх пов'язаний знову- таки з наявністю , з одного боку , жорстких правил при побудові мелодії , а з іншого боку , багато в чому ймовірносними моделями , породжують інші елементи музичного твору.

Програми , що дозволяють розпізнавати , зародилися в надрах досліджень з розпізнавання образів. Але , як вже говорилося , багато з них мали значний вплив на ідеї , характерні для робіт по створенню інтелектуальних систем , особливо при створенні навчальних систем . При їх розробці були знайдені методи оцінювання схожості одних об'єктів на інші , закладені основи міркувань за аналогією й асоціації , використання навчальних послідовностей прикладів і контрприкладів ; все це увійшло до фонду методів , якими користується фахівець зі штучного інтелекту .

Деяко особібно стоять програми , за допомогою яких створюються машинні твори у галузі графіки та живопису. Ці дослідження пов'язані , в основному , з появою спеціальних програмних і в меншій мірі апаратних засобів для пристроїв графічного виведення. Але побічно ці програми впливають на ті розділи штучного інтелекту , які пов'язані з використанням зорових образів при рішенні задач .

Третій основний напрямок у створенні штучного інтелекту утворює його фундамент. Саме тут створюється теорія даного наукового напрямку , вирішуються основні проблеми , пов'язані з центральним об'єктом вивчення штучного інтелекту - знаннями .

Існують різні підходи до побудови систем ШІ. Цей поділ не є історичним , коли одна думка поступово змінює інше , і різні підходи існують і зараз. Крім того , оскільки по - справжньому повних систем ШІ в даний час немає , то не можна сказати , що якийсь підхід є правильним , а якийсь - помилковим .

Коротко розглянемо логічний підхід . Чому він виник? Адже людина займається аж ніяк не тільки логічними вигадками . Це висловлювання , звичайно , вірно , але саме здатність до логічного мислення дуже сильно відрізняє людину від тварин.

Логічний підхід будується на булевій алгебрі. Практично кожна система ШІ , побудована на логічному принципі , являє собою машину доведення теорем.

Під структурним підходом ми маємо на увазі спробу побудови ШІ шляхом моделювання структури людського мозку. Однією з перших таких спроб був перцептрон

Френка Розенблатта . Основний модельованої структурною одиницею в перцептрони (як і в більшості інших варіантів моделювання мозку ) є нейрон .

Досить велике поширення одержав і еволюційний підхід . При побудові систем ШІ за даним підходом основна увага приділяється побудові початкової моделі , і правилам , за якими вона може змінюватися ( еволюціонувати ) . В принципі , можна сказати , що еволюційних моделей як таких не існує , існують тільки еволюційні алгоритми навчання , але моделі , отримані при еволюційному підході , мають деякі характерні особливості , що дозволяє виділити їх в окремий клас . Такими особливостями є перенесення основної діяльності розробника з побудови моделі на алгоритм її модифікації і те , що отримані моделі практично не супроводжують витягання нових знань про середовище , що оточує систему ШІ , тобто вона стає ніби річчю в собі .

Ще один широко використовуваний підхід до побудови систем ШІ - імітаційний . Даний підхід є класичним для кібернетики з одним з її базових понять - " чорним ящиком " ( ЧЯ ) . Чя - пристрій , програмний модуль або набір даних , інформація про внутрішню структуру та зміст яких відсутні повністю , але відомі специфікації вхідних і вихідних даних . Об'єкт , поведінка якого імітується , якраз і являє собою такий " чорний ящик " . Нам не важливо , що у нього і у моделі всередині і як він функціонує , головне , щоб наша модель в аналогічних ситуаціях вела себе точно так само .

Таким чином тут моделюється інша властивість людини - здатність копіювати те , що роблять інші , не вдаючись у подробиці , навщо це потрібно . Найчастіше ця здатність економить йому масу часу , особливо на початку його життя .

## **Модуль № 2. «Розв'язання інтелектуальних завдань в мультимедіа»**

### **Лекція 2.1. Інтелектуальні задачі. Розпізнавання образів.**

Образ , клас - класифікаційне угруповання в системі класифікації , яка об'єднує ( що виділяє ) певну групу об'єктів за деякою ознакою .

Образне сприйняття світу - одне з загадкових властивостей живого мозку , що дозволяє розібратися в нескінченному потоці сприймають інформації і зберігати орієнтацію в океані розрізнених даних про зовнішній світ . Сприймаючи зовнішній світ , ми завжди проводимо класифікацію сприйманих відчуттів , т . е . розбиваємо їх на групи схожих , але не тотожних явищ .

Образи володіють характерним властивістю , що виявляється в тому , що ознайомлення з кінцевим числом явищ з одного і того ж безлічі дає можливість дізнаватися як завгодно велике число його представників .

Здатність сприйняття зовнішнього світу у формі образів дозволяє з певною достовірністю дізнаватися нескінченне число об'єктів на підставі ознайомлення з кінцевим їх числом , а об'єктивний характер основної властивості образів дозволяє моделювати процес їх розпізнавання . Будучи відображенням об'єктивної реальності , поняття образу настільки ж об'єктивно , як і сама реальність , а тому може бути саме по собі об'єктом спеціального дослідження .

У літературі , присвяченій проблемі навчання розпізнавання образів ( ОРО ) , часто замість поняття образу вводиться поняття класу .

В цілому проблема розпізнавання образів складається з двох частин: навчання та розпізнавання . Навчання здійснюється шляхом показу окремих об'єктів із зазначенням їх приналежності того чи іншого образу . В результаті навчання розпізнаюча система повинна придбати здатність реагувати однаковими реакціями на всі об'єкти одного образу і різними - на всі об'єкти різних образів . Дуже важливо , що процес навчання має завершитися тільки шляхом показів кінцевого числа об'єктів без будь-яких інших підказок . Як об'єктів навчання можуть бути або картинки , або інші візуальні зображення ( літери ) , або різні явища зовнішнього світу , наприклад , звуки , стану організму при медичному діагнозі , стан технічного об'єкта в системах управління та ін . Важливо , що в процесі навчання вказуються тільки самі об'єкти і їх приналежність образу . За навчанням треба процес розпізнавання нових об'єктів , який характеризує дії вже навченої системи . Автоматизація цих процедур і становить проблему навчання розпізнаванню образів . У тому випадку , коли людина сама



розгадує або придумує , а потім нав'язує машині правило класифікації , проблема розпізнавання вирішується частково , так як основну і головну частину проблеми (навчання ) людина бере на себе .

Проблема навчання розпізнаванню образів цікава як з прикладної , так і з принципової точки зору. З прикладної точки зору вирішення цієї проблеми важливо насамперед тому , що воно відкриває можливість автоматизувати багато процесів , які до цих пір пов'язували лише з діяльністю живого мозку. Принципове значення проблеми тісно пов'язане з питанням , який все частіше виникає у зв'язку з розвитком ідей кібернетики : що може і що принципово не може робити комп'ютер ?

До задач розпізнавання образів відносяться не тільки задачі розпізнавання зорових і слухових образів , а й завдання розпізнавання складних процесів і явищ , що виникають, наприклад , при виборі дій керівником підприємства або виборі оптимального управління технологічними , економічними , транспортними або військовими операціями . У кожній з таких задач аналізуються деякі явища , процеси , стану зовнішнього світу , усюди далі звані об'єктами спостереження. Перш ніж розпочати аналіз якого- небудь об'єкта , потрібно отримати про нього певну , яким-небудь способом впорядковану інформацію. Така інформація представляє собою характеристику об'єктів , їх відображення на безлічі сприймаючих органів системи, що розпізнає .

Але кожен об'єкт спостереження може впливати на нас по - різному , в залежності від умов сприйняття . Наприклад , яка-небудь буква , навіть однаково написана , може в принципі як завгодно зміщатися щодо сприймають органів . Крім того , об'єкти одного і того ж образу можуть досить сильно відрізнятися один від одного і , природно , по - різному впливати на сприймаючі органи .

Кожне відображення якого- небудь об'єкта на сприймаючі органи системи, що розпізнає , незалежно від його положення щодо цих органів , прийнято називати зображенням об'єкта , а безлічі таких зображень , об'єднані певними загальними властивостями , являють собою образи .

При вирішенні завдань управління методами розпізнавання образів замість терміна "зображення" застосовують термін "стан " . Стан - це певної форми відображення вимірюваних поточних ( або миттєвих ) характеристик спостережуваного об'єкта . Сукупність станів визначає ситуацію. Поняття " ситуація " є аналогом поняття " образ" . Але ця аналогія не повна , оскільки не всякий образ можна назвати ситуацією , хоча всяку ситуацію можна назвати образом.

Ситуацією прийнято називати деяку сукупність станів складного об'єкта , кожна з яких характеризується одними і тими ж або схожими характеристиками об'єкта .

Будь-яке зображення , яке виникає в результаті спостереження якого- небудь об'єкта в процесі навчання або іспиту , можна представити у вигляді вектора , а значить , і у вигляді точки деякого простору ознак .

В термінах геометричної картини процес навчання розпізнаванню образів , обмежившись поки випадком розпізнавання тільки двох образів. Заздалегідь вважається відомим лише те , що потрібно розділити дві області в деякому просторі і що показуються точки тільки з цих областей. Самі ці області заздалегідь не визначені , т . е . немає яких - небудь відомостей про розташування їх меж або правил визначення приналежності точки до тієї чи іншої області.

В ході навчання пред'являються точки , випадково вибрані з цих областей , і повідомляється інформація про те , до якої області належать пред'являються точки . Ніякої додаткової інформації про ці області , т . е . про розташування їх меж , в ході навчання не повідомляється . Мета навчання полягає або в побудові поверхні , яка розділяла б не тільки показання в процесі навчання точки , але і всі інші точки , що належать цим областям , або в побудові поверхонь , що обмежують ці області так , щоб у кожній з них знаходилися тільки точки одного образу. Інакше кажучи , мета навчання полягає в побудові таких функцій від векторів - зображень , які були б , наприклад , позитивні на всіх точках одного й негативні на всіх точках іншого образу. У зв'язку з тим , що області не мають спільних точок , завжди

існує ціла безліч таких поділяючих функцій , а в результаті навчання повинна бути побудована одна з них .

Поряд з геометричною інтерпретацією проблеми навчання розпізнаванню образів існує і інший підхід , який названо структурним , або лінгвістичним . Пояснимо його на прикладі розпізнавання зорових зображень . Спочатку виділяється набір вихідних понять - типових фрагментів , що зустрічаються на зображеннях , і характеристик взаємного розташування фрагментів - " зліва " , " знизу " , " всередині " і т . д . Ці вихідні поняття утворюють словник , який дозволяє будувати різні логічні вислови , іноді звані припущеннями . Завдання полягає в тому , щоб з великої кількості висловлювань , які могли б бути побудовані з використанням цих понять , відібрати найбільш істотні для даного конкретного випадку .

Далі , переглядаючи кінцеве і по можливості невелике число об'єктів з кожного образу , потрібно побудувати опис цих образів . Побудовані описи повинні бути настільки повними , щоб вирішити питання про те , до якого образу належить даний об'єкт . При реалізації лінгвістичного підходу виникають два завдання : завдання побудови вихідного словника , т . е . набір типових фрагментів , і завдання побудови правил опису з елементів заданого словника .

В рамках лінгвістичної інтерпретації проводиться аналогія між структурою зображень і синтаксисом мови . Прагнення до цієї аналогії було викликано можливістю використовувати апарат математичної лінгвістики , т . е . методів , за своєю природою є синтаксичними . Використання апарату математичної лінгвістики для опису структури зображень можна застосовувати тільки після того , як проведена сегментація зображень на складові частини , т . е . вироблені слова для опису типових фрагментів і методи їх пошуку . Після попередньої роботи , що забезпечує виділення слів , виникають власне лінгвістичні завдання , що складаються із завдань автоматичного граматичного розбору описів для розпізнавання зображень . При цьому виявляється самостійна область досліджень , яка вимагає не тільки знання основ математичної лінгвістики , а й володіння прийомами , розробленими спеціально для лінгвістичної обробки зображень .

Якби вдалося підмітити якість загальної властивість , що не залежить ні від природи образів , ні від їхніх зображень , а визначальне лише їх здатність до розділення , то поряд із звичайною завданням навчання розпізнаванню , з використанням інформації про приналежність кожного об'єкта з навчальної послідовності того чи іншого образу , можна було б поставити іншу класифікаційну задачу - так звану задачу навчання без учителя . Задачу такого роду на описовому рівні можна сформулювати так : системі одночасно або послідовно пред'являються об'єкти без будь-яких вказівок про їх приналежність до образів . Вхідний пристрій системи відображає безліч об'єктів на безліч зображень і , використовуючи деякий закладене в неї заздалегідь властивість розділення образів , виробляє самостійну класифікацію цих об'єктів . Після такого процесу самонавчання система повинна придбати здатність до розпізнавання не тільки вже знайомих об'єктів (об'єктів з навчальної послідовності ) , а й тих , які раніше не пред'являлися . Процесом самонавчання деякої системи називається такий процес , в результаті якого ця система без підказки вчителя набуває здатність до вироблення однакових реакцій на зображення об'єктів одного і того ж образу і різних реакцій на зображення різних образів . Роль учителя при цьому полягає лише в підказці системі деякого об'єктивного властивості , однакового для всіх образів і визначального здатність до поділу безлічі об'єктів на образи .

## **Лекція 2.2. Штучні нейронні мережі.**

Адаптація - це процес зміни параметрів і структури системи , а можливо , і керуючих впливів , на основі поточної інформації з метою досягнення певного стану системи при початковій невизначеності і змінюються умовах роботи .

Навчання - це процес , в результаті якого система поступово набуває здатність відповідати потрібними реакціями на певні сукупності зовнішніх впливів , а адаптація - це підстроювання параметрів і структури системи з метою досягнення необхідної якості управління в умовах безперервних змін зовнішніх умов .

Один з методів вирішення завдань навчання розпізнаванню образів заснований на моделюванні гіпотетичного механізму людського мозку. Структура моделі заздалегідь постулюється. При такому підході рівень біологічних знань або гіпотез про біологічні механізми є вихідною передумовою, на якій базуються моделі цих механізмів. Прикладом такого напрямку в теорії і практиці проблеми ОРО є клас пристроїв, званих перцептрони. Потрібно відзначити, що перцептрони на зорі свого виникнення розглядалися тільки як евристичні моделі механізму мозку. Згодом вони стали основоположною схемою в побудові кусочно-лінійних моделей, що навчаються розпізнаванню образів.

У найбільш простому вигляді перцептрон складається з сукупності чутливих (сенсорних) елементів (S -елементів), на які надходять вхідні сигнали. S -елементи випадковим чином пов'язані з сукупністю асоціативних елементів (A -елементів) вихід яких відрізняється від нуля тільки тоді, коли порушено досить велике число S-елементів, що впливають на один A -елемент. A -елементи з'єднані з реагують елементами (R -елементом) зв'язками, коефіцієнти підсилення ( $v$ ) яких змінні і змінюються в процесі навчання. Зважені комбінації виходів R -елементів складають реакцію системи, яка вказує на приналежність розпізнаваного об'єкта певного способу. Якщо розпізнаються тільки два образи, то в перцептрони встановлюється тільки один R -елемент, який володіє двома реакціями - позитивною і негативною. Якщо образів більше двох, то для кожного образу встановлюють свій R -елемент, а вихід кожного такого елемента представляє лінійну комбінацію виходів - A елементів.

Перцептрон навчається шляхом пред'явлення навчальної послідовності зображень об'єктів, що належать образам  $V_1$  і  $V_2$ . У процесі навчання змінюються ваги  $V_i$  A - елементів. Зокрема, якщо застосовується система підкріплення з корекцією помилок, перш за все враховується правильність рішення, прийнятого перцептроном. Якщо рішення правильно, то ваги зв'язків всіх спрацювали A -елементів, які ведуть до R -елементом, який видав правильне рішення, збільшуються, а ваги спрацювали A -елементів залишаються незмінними. Можна залишати незмінними ваги спрацювали A -елементів, але зменшувати ваги спрацювали. У деяких випадках ваги спрацювали зв'язків збільшують, а не спрацювали - зменшують. Після процесу навчання перцептрон сам, без вчителя, починає класифікувати нові об'єкти.

Штучні нейромережі є моделями нейронної структури мозку, який здатен сприймати, обробляти, зберігати та продукувати інформацію. Особливістю мозку також є навчання та самонавчання на власному досвіді. Адаптивні системи на основі штучних нейронних мереж дозволяють з успіхом вирішувати проблеми розпізнавання образів, виконання прогнозів, оптимізації, асоціативної пам'яті і керування.

У порівнянні з традиційними комп'ютерами з архітектурою фон Неймана, мозок людини має багато інших якостей:

- Низьке енергоспоживання.
- Толерантність до помилок.
- Адаптивність.
- Здатність до навчання й узагальнення.
- Розподілене представлення інформації і паралельні обчислення.

Механізм природного мислення базується на збереженні інформації у вигляді образів. Штучні нейронні мережі дозволяють створення паралельних мереж, їх навчання та вирішення інтелектуальних завдань, не використовуючи традиційного програмування. В лексиконі розробників та користувачів нейромереж присутні слова "поводити себе", "реагувати", "самоорганізовувати", "навчати", "узагальнювати" та "забувати".

Штучні нейромережі конструюються з базового блоку - штучного нейрону. Іншою властивістю нейромереж є величезна кількість зв'язків, які пов'язують окремі нейрони. Групування нейронів у мозку людини забезпечує обробку інформації динамічним, інтерактивним та самоорганізуючим шляхом.

Біологічні нейронні мережі з мікроскопічних компонентів існують у тривимірному просторі і здатні до різноманітних з'єднань. Але для реалізації штучних мереж присутні фізичні обмеження.

Об'єднуючись у мережі, штучні нейрони утворюють систему обробки інформації, яка забезпечує ефективну адаптацію моделі до постійних змін з боку зовнішнього середовища. В процесі функціонування мережі відбувається перетворення вхідного вектора сигналів у вихідний. Конкретний вид перетворення визначається архітектурою нейромережі, характеристиками нейронних елементів, засобами керування та синхронізації інформаційних потоків між нейронами.

Важливим фактором ефективності мережі є встановлення оптимальної кількості нейронів та типів зв'язків між ними.

Для опису нейромереж використовують кілька усталених термінів, які в різних джерелах можуть мати різне трактування, зокрема:

- Структура нейромережі - спосіб зв'язків нейронів у нейромережі.
- Архітектура нейромережі - структура нейромережі та типи нейронів.
- Парадигма нейромережі - спосіб навчання та використання, іноді містить поняття архітектури.

На базі однієї архітектури може бути реалізовано різні парадигми нейромережі і навпаки.

Серед відомих архітектурних рішень виділяють групу слабозв'язаних нейронних мереж, у випадку, коли кожний нейрон мережі зв'язаний лише із сусідніми. В повнозв'язаних нейромережах входи кожного нейрона зв'язані з виходами всіх решта нейронів.

Самим поширеним варіантом архітектури є багатопшарові мережі. Нейрони в даному випадку об'єднуються у прошарки з єдиним вектором вхідних сигналів. Зовнішній вхідний вектор подається на вхідний прошарок нейронної мережі (рецептори). Виходами нейронної мережі є вихідні сигнали останнього прошарку (ефектори). Окрім вхідного та вихідного прошарків, нейромережа має один або кілька прихованих прошарків нейронів, які не мають контактів із зовнішнім середовищем.

Важливим аспектом нейромереж є напрямок зв'язку від одного нейрону до іншого:

- Зв'язки скеровані від вхідних прошарків до вихідних називаються аферентними,
- Зв'язки в зворотному напрямку називаються еферентними.

В більшості мереж кожен нейрон прихованого прошарку отримує сигнали від всіх нейронів попереднього прошарку чи від нейронів вхідного прошарку. Після виконання операцій над сигналами, нейрон передає свій вихід до всіх нейронів наступних прошарків, забезпечуючи передачу вперед (feedforward) на вихід.

Напрямок зв'язків нейронів має значний вплив на роботу мережі. Більшість програмних нейромереж дозволяють користувачу додавати, вилучати та керувати з'єднаннями як завгодно. Корегуючи параметри, можна налаштувати зв'язки як на посилення так і на послаблення величини сигналів.

За архітектурою зв'язків, більшість відомих нейромереж можна згрупувати у два великих класи:

1. Мережі прямого поширення (з односкерованими послідовними зв'язками).
2. Мережі зворотного поширення (з рекурентними зв'язками).

#### **Типові архітектури нейронних мереж**

##### **Мережі прямого поширення**

- Перцептрони
- Мережа Back Propagation
- Мережа зустрічного поширення
- Карта Кохонена

##### **Рекурентні мережі**

- Мережа Хопфілда
- Мережа Хемінга
- Мережа адаптивної резонансної теорії
- Двоскерована асоціативна пам'ять

Мережі прямого поширення відносять до статичних, тут на входи нейронів надходять вхідні сигнали, які не залежать від попереднього стану мережі.

Рекурентні мережі вважаються динамічними, оскільки за рахунок зворотних зв'язків (петель) входи нейронів модифікуються в часі, що призводить до зміни станів мережі.

**Лекція 2.3. Використання засобів штучного інтелекту до розв'язання сучасних інтелектуальних завдань.**

Машинне навчання - це широкий термін, який охоплює всі моменти, коли ви намагаєтеся навчити машину поліпшуватися самостійно. Зокрема, це відноситься до будь-якої системи, в якій продуктивність комп'ютера при виконанні завдання стає краще тільки за рахунок більшого досвіду виконання цього завдання. Нейронні мережі є прикладом машинного навчання, але вони не є єдиним способом навчання комп'ютера.

Оптичне розпізнавання символів (англ. Optical character recognition, OCR) - механічний або електронний переказ зображень рукописного, машинописного або друкованого тексту в текстові дані - послідовність кодів, що використовуються для представлення символів в комп'ютері (наприклад, в текстовому редакторі).

Розпізнавання широко використовується для конвертації книг і документів в електронний вигляд, для автоматизації систем обліку в бізнесі або для публікації тексту на веб-сторінці. Оптичне розпізнавання тексту дозволяє редагувати текст, здійснювати пошук слова або фрази, зберігати його в більш компактній формі, демонструвати або роздруковувати матеріал, не втрачаючи якості, аналізувати інформацію, а також застосовувати до тексту електронний переказ, форматування або перетворення в мову. Оптичне розпізнавання тексту є досліджуваною проблемою в областях розпізнавання образів, штучного інтелекту та комп'ютерного зору.

Розпізнавання рукописних текстів. Очевидно, проблема розпізнавання рукописного тексту значно складніше, ніж у випадку з текстом друкованим. Якщо в останньому випадку ми маємо справу з обмеженим числом варіацій зображень шрифтів (шаблонів), то в разі рукописного тексту число шаблонів незмірно більше. Додаткові складнощі вносять також інші співвідношення лінійних розмірів елементів зображень і т. П.

Системи розпізнавання образів в транспортному комплексі. Системи, які здійснюють контроль за автотранспортом, що з'явилися в останні роки і, на жаль, в широкій літературі не описані. Мабуть, найвідомішою є багатофункціональна система встановлена у Великій Британії в районі Сіті. За даними джерел масової інформації система є великою мережею з наглядових відеокамер з'єднаних з центральним пультом управління.

Штучні нейронні мережі застосовуються до розв'язання задач:

Класифікація образів. Визначення належності вхідного образу (наприклад, мовного сигналу чи рукописного символу), який представлено вектором ознак, до одного чи кількох попередньо визначених класів. До відомих застосувань відносяться розпізнавання букв, розпізнавання мови, класифікація сигналу електрокардіограми.

Кластеризація/категоризація. При вирішенні задачі кластеризації, що відома також як класифікація образів "без вчителя", навчальна множина з визначеними класами відсутня. Алгоритм кластеризації засновано на подібності образів і розміщення близьких образів в один кластер. Застосовують кластеризацію для видобутку знань, стиснення даних і дослідження властивостей даних.

Апроксимація функцій. Припустимо, що є навчальна вибірка  $((x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n))$  (пари даних вхід-вихід), яка генерується невідомою функцією  $F$ , яка спотворена шумом. Завдання апроксимації полягає в знаходженні невідомої функції  $F$ . Апроксимація функцій необхідна при рішенні численних інженерних і наукових задач моделювання.

Передбачення/прогноз. Нехай задані  $n$  дискретних відліків  $\{y(t_1), y(t_2), \dots, y(t_n)\}$  у послідовні моменти часу  $t_1, t_2, \dots, t_n$ . Завдання полягає в передбаченні значення  $y(t_{n+1})$  у деякий майбутній момент часу  $t_{n+1}$ . Передбачення/прогноз мають значний вплив на прийняття рішень у бізнесі, науці й техніці (передбачення цін на фондовій біржі, прогноз погоди).

Оптимізація. Численні проблеми в математиці, статистиці, техніці, науці, медицині й економіці можуть розглядатися як проблеми оптимізації. Задачею алгоритму оптимізації є знаходження такого рішення, яке задовольняє системі обмежень і максимізує чи мінімізує цільову функцію.

Пам'ять, що адресується за змістом. В традиційних комп'ютерах звертання до пам'яті доступно лише за допомогою адреси, що не залежить від змісту пам'яті. Більш того, якщо допущено помилку в обчисленні адреси, то може бути знайдена зовсім інша інформація. Асоціативна пам'ять, чи пам'ять, що адресується за змістом, буде доступною за вказівкою

заданого змісту. Вміст пам'яті може бути викликано навіть за частковим фрагментом або спотвореним змістом. Асоціативна пам'ять є потрібною при створенні мультимедійних інформаційних баз даних.

Керування. Розглянемо динамічну систему, задану сукупністю  $\{u(t), y(t)\}$ , де  $u(t)$  є вхідним керуючим впливом, а  $y(t)$  - виходом системи в момент часу  $t$ . В системах керування з еталонною моделлю метою керування є розрахунок такого вхідного впливу  $u(t)$ , при якому система діє за бажаною траєкторією, яка задана еталонною моделлю. Прикладом є оптимальне керування двигуном.

Незважаючи на переваги нейронних мереж в певних областях над традиційними обчисленнями, існуючі нейромережі не є досконалими рішеннями. Вони навчаються і можуть робити "помилки". Окрім того, не можна гарантувати, що розроблена мережа є оптимальною мережею.

Застосування нейромереж вимагає від розробника виконання ряду умов:

- Наявність репрезентативної та достатньої за розміром множини даних для навчання й тестування мережі.

- Розуміння базової природи проблеми, яка буде вирішена.
- Вибір функції суматора, передатної функції та методів навчання.
- Розуміння інструментальних засобів розробника.
- Відповідна потужність обробки.

Робота з нейромоделями вимагає вмінь розробника поза межами традиційних обчислень.

- Спочатку, обчислення були лише апаратними й інженери робили їх працюючими.
- Потім, були спеціалісти з програмного забезпечення: програмісти, системні інженери, спеціалісти по базах даних та проектувальники.

- Тепер є нейронні архітектори. Новий професіонал повинен мати високу кваліфікацію і різнобічні знання. Наприклад, він повинен знати статистику для вибору і оцінювання навчальних і тестувальних множин. Логічне мислення сучасних інженерів, їх емпіричне вміння та інтуїтивне відчуття гарантує створення ефективних нейромереж.