# Тема 1. Сучасний стан адаптивних систем з самоорганізацією та самонавчанням

#### Лекція представляє основи та ключові концепції, необхідні для розуміння основ самоорганізації, самонавчання та їх взаємозв'язок. Ці концепції знаходять застосування у різних галузях, включаючи біологію, штучний інтелект та соціальні системи. Наведено реальні приклади самоорганізованих систем і про те, як самонавчання відіграє важливу роль у різних наукових та технічних галузях.

Вивчення систем з самоорганізацією та самонавчанням має величезне значення в сучасному світі через низку ключових факторів та викликів:

* **Швидкий розвиток технології.** Сучасний світ характеризується швидким розвитком технологій, таких як штучний інтелект, автономні системи, біг-дата та інтернет речей. Вивчення засад самоорганізації та самонавчання необхідно для розробки та оптимізації технологій, які мають бути адаптивними та здатними вчитися у реальному часі.
* **Складність сучасних систем.** Сучасні системи, екологічні, соціальні чи технічні, стають більш складними та взаємопов'язаними. Самоорганізація є ключовим механізмом, який дозволяє їм адаптуватися до змінних умов і зберігати стабільність.
* **Великі обсяги даних.** З появою великих обсягів даних та можливостей їх аналізу починають застосовувати методи самонавчання для отримання цінної інформації, виявлення закономірностей та прийняття рішень у реальному часі.
* **Вирішення складних завдань.** Багато сучасних завдань, таких як розпізнавання образів, аналіз тексту, управління автономними системами та оптимізація процесів, вимагають високого ступеня автоматизації та адаптації, що досягається через самоорганізацію та самонавчання.

Вивчення принципів самоорганізації та самонавчання допомагає створювати інтелектуальні, адаптивні та ефективні системи, які здатні справлятися з викликами сучасного світу. Ці концепції є ключовими в галузі штучного інтелекту, машинного навчання та багатьох інших наукових та технологічних галузях, та їх розуміння є необхідним для подальшого розвитку та інновацій.

## Основні поняття

**Самоорганізація** - це процес, у якому система, що складається з багатьох взаємодіючих елементів, здатна організовувати і координувати свою діяльність без зовнішнього контролю чи центральної команди. У цьому процесі елементи системи взаємодіють один з одним, обмінюючись інформацією та адаптуючись до умов, що змінюються, щоб досягти оптимальної організації або поведінки.

**Самонавчання** - це здатність системи або агента (наприклад, штучної нейронної мережі чи організму) навчатися та вдосконалюватися на основі досвіду та взаємодії з навколишнім середовищем. Це процес, при якому система здатна адаптуватися до нових завдань і умов, що змінюються, використовуючи отримані знання і досвід.

**Взаємозв'язок між самоорганізацією та самонавчанням** полягає в тому, що вони часто взаємодіють у складних системах.

* Самоорганізація може бути механізмом, що дозволяє системі адаптуватися до навколишнього середовища шляхом зміни структури або поведінки. У процесі самоорганізації система може накопичувати досвід і знання у тому, як досягти оптимального стану чи функціонування.
* Самонавчання може бути частиною самоорганізації, де система здатна вчитися на основі внутрішніх або зовнішніх сигналів, щоб покращити свою здатність до самоорганізації. Наприклад, штучні нейронні мережі можуть самонавчатися на основі даних, щоб краще адаптуватися до змінних умов.

Таким чином, самоорганізація та самонавчання можуть спільно діяти в системах, щоб забезпечувати їх ефективне функціонування та здатність до адаптації.

### Самоорганізація в біології та природі:

* **Генетика та еволюція.** Генетичні системи та популяції живих організмів можуть самоорганізовуватися у відповідь на природний відбір та умови навколишнього середовища, що змінюються. Еволюція - це приклад самоорганізації, де види розвиваються та адаптуються до різноманітних середовищ.
* **Самоорганізація в клітинах.** Всередині клітин відбувається багато процесів самоорганізації, що підтримують життя та функціонування клітин.
* **Самоорганізація в екосистемах.** Екосистеми, такі як ліси та коралові рифи, демонструють самоорганізацію через взаємодії багатьох видів. Екосистеми можуть організовувати себе так, щоб забезпечувати баланс та стійкість.

### Самонавчання в біології та природі:

* **Навчання тварин.** Багато видів тварин мають здатність до самонавчання. Наприклад, деякі птахи можуть навчатися співати, а ссавці можуть освоювати нові навички та стратегії полювання.
* **Мозок та нейропластичність.** Мізки тварин, включаючи людину, мають здатність до нейропластичності, що означає, що вони можуть змінювати свою структуру та функцію у відповідь на досвід та навчання.
* **Самонавчання в рослинах.** Навіть у рослин є здатність до самонавчання. Наприклад, деякі рослини можуть реагувати на зміни в навколишньому середовищі, змінюючи свій ростовий напрямок або цвітіння.

Самоорганізація та самонавчання у природі та біології підкреслюють важливість адаптації та еволюції в живих системах. Ці концепції також надихають розробників та дослідників у галузі штучного інтелекту та машинного навчання, допомагаючи створювати більш ефективні алгоритми та моделі.

Самоорганізація та самонавчання мають важливе значення в галузі штучного інтелекту (Artificial Intelligence, АІ) та машинного навчання (Machine Learning, ML), де вони використовуються для створення адаптивних та інтелектуальних систем.

### Самоорганізація в штучному інтелекті та машинному навчанні

* **Нейронні мережі**. Штучні нейронні мережі можуть самоорганізовуватися, змінюючи ваги зв'язків між нейронами у процесі навчання. Це дозволяє їм адаптуватися до складних завдань, таких як розпізнавання образів та навчання з підкріпленням.
* **Кластеризація**. Алгоритми кластеризації можуть групувати дані на основі їхньої схожості без попереднього навчання. Прикладами можуть бути алгоритми кластеризації K-середніх та ієрархічна кластеризація.
* **Самоорганізовані карти (Self-Organizing Maps, SOM).** SOM - це метод машинного навчання, який дозволяє візуалізувати та аналізувати дані, проектуючи їх на двовимірну карту і зберігаючи топологічні властивості даних.

### Самонавчання в штучному інтелекті та машинному навчанні

* **Навчання з підкріпленням**. Агенти у завданнях навчання з підкріпленням можуть самонавчатись, досліджуючи довкілля та приймаючи рішення, щоб максимізувати нагороду. Прикладом може бути навчання роботів.
* **Глибоке навчання.** Глибокі нейронні мережі здатні самонавчатися на великих обсягах даних. Вони можуть отримувати високорівневі ознаки з сирих даних, вчитися розпізнавати образи та виконувати складні завдання, такі як обробка природної мови та комп'ютерний зір.
* **Еволюційні алгоритми**. Еволюційні алгоритми можна використовувати для оптимізації параметрів моделей машинного навчання. Вони можуть самостійно змінювати параметри та структуру моделі, щоб покращити її продуктивність.
* **Комп'ютерний зір.** У комп'ютерному зору системи машинного навчання можуть самонавчатися розпізнавати об'єкти та образи на зображеннях та відео. Це використовується в системах відеоспостереження, автомобілях з автопілотом та медичних освітніх програмах для аналізу зображень та виявлення патологій.
* **Обробка природної мови (Natural Language Processing, NLP).** У NLP системи можуть самонавчатися аналізу та розуміння тексту. Застосування включають машинний переклад, автоматичну обробку текстових даних, створення віртуальних помічників та аналіз тональності текстів.
* **Рекомендаційні системи.** Рекомендаційні системи в онлайн-магазинах та стрімінгових платформах можуть самонавчати на основі переваг користувача та його історії взаємодії з контентом, щоб пропонувати більш відповідні товари або фільми.

Самоорганізація та самонавчання в штучному інтелекті та машинному навчанні забезпечують адаптивність та здатність до навчання без необхідності ручного налаштування або навчання. Ці методи відіграють важливу роль у створенні більш інтелектуальних та автономних систем, здатних вирішувати різноманітні завдання.

## Штучний інтелект

Штучний інтелект (ШІ) - це дослідження комп'ютерних наук, що сфокусоване на розробці систем, які демонструють інтелектуальні здібності та спроможні відтворити певні процеси розумової діяльності людини.

Штучний інтелект має широкий спектр застосувань і може покращувати ефективність, точність та автоматизацію багатьох процесів у різних галузях. Він продовжує розвиватися і відіграє важливу роль у технологічному прогресі та покращенні якості життя.

На сьогодні популярними є терміни «машинне навчання», «глибоке навчання», що більшість людей вважають за синоніми штучного інтелекту. Варто дати роз’яснення цим поняттям.

* **Штучний інтелект (Artificial Intelligence, AI)** – люба техніка, що спроможна імітувати людський інтелект, використовуючи логіку, природні алгоритми, правила «Якщо …, тоді …», дерева рішень, нечітку логіку тощо. Для реалізації алгоритмів та моделей використовують машинне і глибоке навчання.
* **Машинне навчання (Machine Learning, ML)** – ділянка штучного інтелекту, яка містить статистичні методи, що надають можливість машинам виконувати завдання на базі отриманого раніше досвіду.
* **Глибоке навчання (Deep Learning, DL)** – ділянка машинного навчання, що містить алгоритми, спроможні обробляти величезні обсяги даних, вишукуючи в них закономірності і витягуючи знання. Глибоке навчання використовують для штучних нейронних мереж, які імітують структуру людського мозку та відтворюють природні принципи обробки інформації.

Розвиток в часі технологій штучного інтелекту зображено на рис. 1.1.

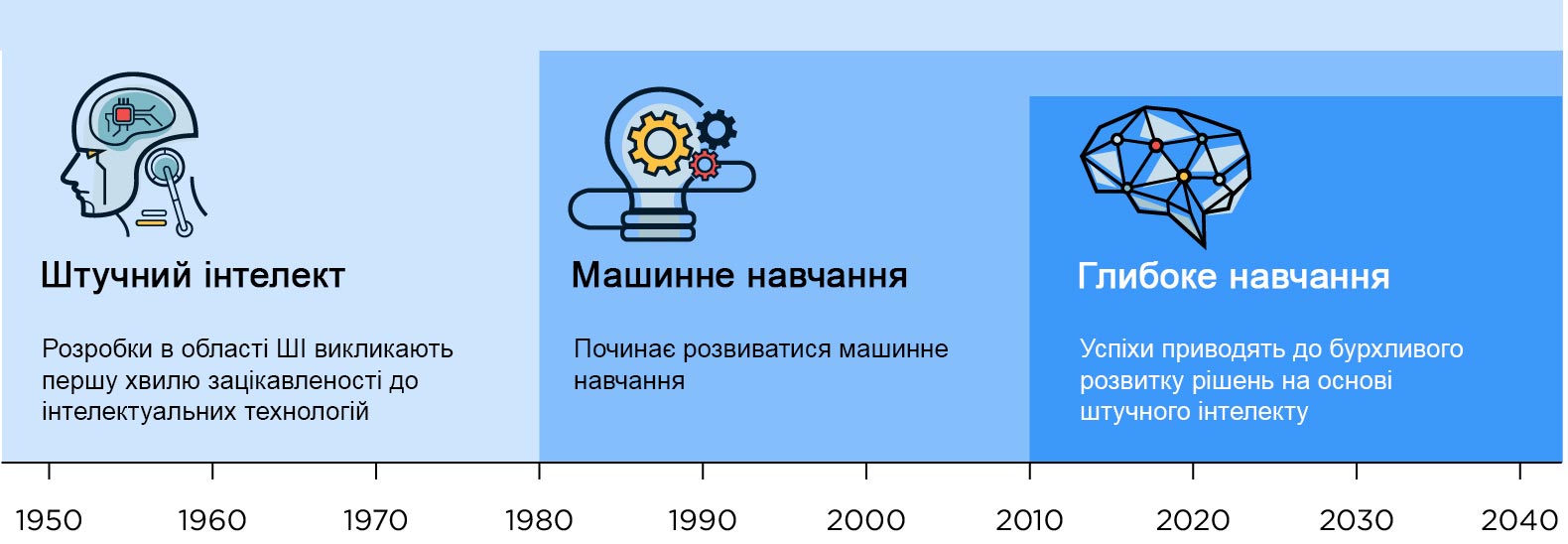


Рис. 1.1. Історичний розвиток технологій штучного інтелекту

### Цілі і застосування штучного інтелекту

Цілі штучного інтелекту варіюються від автоматизації повсякденних завдань до створення просунутих систем аналізу даних та прогнозування. Це технологія, яка змінює широке коло аспектів життя та бізнесу, роблячи їх більш ефективними, розумними та адаптивними (рис.1.2). Додатки ШІ інтегровані в інфраструктуру багатьох галузей.



Рис. 1.2. Карта технологій штучного інтелекту

### Види штучного інтелекту

Концепцію штучного інтелекту можна розділити на три категорії складності.

1. **Обмежений штучний інтелект.** Обмежується вирішенням конкретних завдань без володіння загальною інтелектуальною здатністю. Здатний до вирішення одного завдання, відсутні самосвідомість і істинний інтелект. Як приклад обмеженого ШІ є асистент Siri, яка допомагає користувачеві у вирішенні визначеного кола інформаційних та організаційних завдань. Втім, при спробі спілкуватися з асистентом глибше, її слабкість стала очевидною.
2. **Загальний штучний інтелект.** Має загальну інтелектуальну здатність і може виконувати широкий спектр завдань, аналогічних людському інтелекту. Це розуміння, навчання, вирішення проблем та інші функції. Наближений до рівня людського інтелекту і здатний виконувати багато різних завдань: системи автоматизації, автопілоти в автомобілях, розпізнавання вмісту фотографій та відео, діагностика захворювань.
3. **Надрозумний штучний інтелект.** Це «інтелект, який значно розумніший за кращих людських розумів практично у всіх областях, включаючи наукову творчість, загальну мудрість і соціальні навички» - Нік Бострем, філософ, професор Оксфордського університету. Штучний суперінтелект викликає стурбованість вчених з приводу можливого зникнення людства.

## Інтелектуальні системи

**Інтелектуальними системами** називаються комп’ютерні системи, в які закладено алгоритми штучного інтелекту. Вони спроможні відтворити інтелектуальні можливості людини або імітувати поведінку природних систем.

Інтелектуальна система здатна цілеспрямовано, відповідно до стану інформаційних входів, змінювати параметри функціонування і спосіб своєї поведінки, який залежить від поточного стану інформаційних входів і від попередніх станів системи. Практично всі інтелектуальні системи відносяться до класу адаптивних систем.

**Адаптивна система** – це система, яка в процесі функціонування демонструє здатність до цілеспрямованого пристосовування поведінки в складних середовищах до змін як внутрішніх так і зовнішніх умов. До адаптивних систем відносяться системи з самоорганізацією та самонавчанням.

### Можливості інтелектуальних систем

Інтелектуальна система вирішує завдання в реальних складних умовах подібно до людини:

* Рішення неформалізованих (складно формалізованих) завдань в умовах невизначеності (неточності, неповноти, неоднозначності, недостовірності) інформації. Можливість працювати зі слабко структурованими завданнями, коли залежності між основними показниками є не цілком визначеними або навіть невідомими.
* Здатність до навчання і набуття досвіду. Інтелектуальна система подібно до людини може змінювати свої стратегії і правила роботи з інформацією в міру набуття нових знань. Система може аналізувати результати своєї діяльності і змінювати свої моделі, формули, параметри тощо, адаптуючись до нових умов або покращуючи результати своїх висновків.
* «Розумна взаємодія» з користувачем.

## Інтелектуальна інженерія

Останнім часом можна простежити поступове перетворення програмної інженерії в інтелектуальну інженерію, яка розглядає більш загальні проблеми обробки інформації та надання знань. На сьогодні широко впроваджуються інформаційні технології вирішення інженерних завдань, що втілюють підходи до пошуку, аналізу та синтезу інформації з галузі штучного інтелекту.

### Напрямки досліджень в інтелектуальній інженерії

В інтелектуальній інженерії склалося два головних напрямки: біонічний і прагматичний.

**Висхідний (Bottom - Up)** біонічний напрямок відтворення розумної системи шляхом об’єднання її дрібніших складових, що не мають інтелекту. Вважається, що якщо відтворити природні структури і процеси, то й результати вирішення завдань такою системою будуть подібні до результатів роботи природної системи. В цьому напрямку досліджень виділяються:

* **Нейромережні алгоритми.** В його основі лежать системи елементів, які подібно до нейронів головного мозку здатні відтворювати деякі інтелектуальні функції. Прикладні системи, розроблені на основі цього підходу, називаються нейронними мережами.
* **Структурно-евристичний підхід.** В його основі лежать знання про поведінку природного об'єкта (групи об'єктів) та реалізація структур, що відтворює цю поведінку. Прикладом подібних систем служать мультиагентні системи.
* **Еволюційні алгоритми.** Використовуються моделі процесів природного розвитку (розмноження, мутація, рекомбинація і відбір) та принципи природної еволюції для вирішення задач оптимізації. Такий підхід реалізовано в прикладних системах на основі генетичних алгоритмів.
* **Нечітка логіка.** Найбільш вражаючим в людському інтелекті є здатність приймати правильні рішення в умовах неповної та нечіткої інформації. Побудова моделей мислення людини і використання їх в комп'ютерних системах є важливим завданням для науки. Для створення інтелектуальних систем, здатних адекватно взаємодіяти з людиною, застосовується математичний апарат, який перекладає неоднозначні життєві твердження в мову чітких і формальних математичних формул.

**Спадний (Top - Down)** прагматичний напрямок відтворює високорівневу діяльність людини, до прикладу абстрактне мислення, роздуми, творчі здібності. Ґрунтується на припущенні про те, що розумова діяльність людини є «чорною скринькою». Але, якщо результат функціонування системи збігається із результатом діяльності експерта, то таку систему можна визнати інтелектуальною незалежно від способів отримання цього результату. При такому підході не ставиться питання про адекватність використаних в комп'ютері структур і методів до тих структур чи методів, якими користується в аналогічних ситуаціях людина, а розглядається лише кінцевий результат вирішення конкретних завдань.

З точки зору кінцевого результату в прагматичному напрямку можна виділити три цільові області:

* **Розробка методів подання й обробки знань** - є однією з основ сучасного періоду розвитку штучного інтелекту.
* **Інтелектуальне програмування** – до якого відносять ігрові програми, природно-мовні програми (системи машинного перекладу, автоматичного реферування, генерації текстів), розпізнавальні програми, програми створення творів живопису та графіки.
* **Створення інструментарію** - мови для інтелектуальних систем; дедуктивні та індуктивні методи автоматичного синтезу програм; лінгвістичні процесори; системи аналізу та синтезу мови; бази знань; оболонки, прототипи систем; системи когнітивної графіки.

## Практична реалізація інтелектуальних систем

Сьогодні штучний інтелект - не тільки наукова дисципліна, але і комерційна гонка. Компанії-гіганти прагнуть втілити новітні інтелектуальні алгоритми та системи першими, оскільки це виводить їх в лідери в нових напрямках і відповідно приносить надприбутки.

### Машинне навчання і самонавчання

Машинне навчання (Machine Learning) і самонавчання (Self-learning) - це два тісно пов'язані поняття в галузі штучного інтелекту.

* Машинне навчання - це підрозділ штучного інтелекту, який займається розробкою алгоритмів та моделей, здатних отримувати знання та навчатися на основі даних, без явного програмування. Основна ідея машинного навчання полягає в тому, що комп'ютерні системи можуть використовувати досвід (дані) для покращення своєї продуктивності за конкретним завданням.
* Самонавчання відноситься до здатності системи або агента (наприклад, штучної нейронної мережі або роботи) навчатися на основі досвіду без постійного людського втручання. Система спроможна адаптуватися до змінних умов і завдань, навчаючись на нових даних і досвіді, оптимізувати свої параметри та досягати вищої продуктивності з часом.

Машинне навчання та самонавчання можуть працювати спільно. Машинне навчання надає алгоритми та методи для навчання на даних, а самонавчання може бути одним із способів реалізації машинного навчання, коли система навчається на даних та самостійно покращує свої навички та адаптується до змін у навколишньому середовищі.

### Інтелектуальний аналіз даних і обробка статистичної інформації

Інтелектуальний аналіз даних (аналіз даних з використанням штучного інтелекту або машинного навчання) та обробка статистичної інформації є ключовими компонентами сучасної аналітики даних та науковим методом для отримання цінної інформації з великих обсягів даних.

Об'єднання інтелектуального аналізу даних та обробки статистичної інформації дозволяє компаніям та дослідникам отримувати більш глибоке розуміння даних, що в свою чергу може призвести до покращення бізнес-процесів, наукових винаходів та прийняття більш обґрунтованих рішень.

### Моделювання розумових процесів

Моделювання розумових процесів — це область досліджень, що спрямована на створення формальних чи обчислювальних моделей, що можуть описати і пояснити, як працюють процеси мислення у людському мозку чи комп'ютерних системах. Ця область має велике значення у психології, штучному інтелекті, нейронауці та когнітивній науці.

Дослідження та розробки в галузі моделювання розумових процесів відіграють важливу роль у науці, технології та медицині, допомагаючи краще розуміти та відтворювати процеси мислення як у людських, так і в комп'ютерних системах.

### Представлення і використання знань

Представлення та використання знань – це важливі аспекти в галузі штучного інтелекту та інформаційних наук. Ці поняття пов'язані з тим, як інформація та знання з великих масивів інформації організовуються, зберігаються, обробляються та застосовуються у різних контекстах.

* **Інтелектуальні системи.** Знання використовуються в інтелектуальних системах, таких як експертні системи та системи підтримки прийняття рішень, для вирішення складних завдань та надання рекомендацій.
* **Машинне навчання.** Машинне навчання використовує знання для тренування моделей та робить їх більш інтелектуальними. Знання можуть бути надані у вигляді навчальних даних та правил.
* **Обробка природної мови.** В області NLP знання використовуються для аналізу та розуміння текстових даних, отримання інформації та виконання завдань, таких як машинний переклад та сентимент-аналіз.
* **Робототехніка.** Знання про мир та навколишнє середовище необхідні роботам для навігації, взаємодії з об'єктами та виконання завдань.
* **Інформаційний пошук та рекомендації.** Знання використовуються у пошукових системах та системах рекомендацій для знаходження релевантної інформації та надання користувачеві найкращих результатів.

Представлення та використання знань відіграють ключову роль у сучасних технологіях та додатках, дозволяючи створювати інтелектуальні системи, які можуть навчатися та приймати більш обґрунтовані рішення. Це також допомагає керувати та аналізувати великі обсяги інформації в різних галузях, від медицини до фінансів.

### Розробка голосових інтерфейсів

Голосові інтерфейси – це технології, які дозволяють взаємодіяти з комп'ютерними системами та пристроями за допомогою голосових команд чи запитів. Вони стали популярними та важливими у сучасному світі.

Голосові інтерфейси знаходять застосування в різних сферах, включаючи смарт-будинки, медицину, освіту, бізнес та багато іншого. Вони можуть виконувати завдання від читання новин до управління розумними пристроями у домі. Голосові інтерфейси розвиваються, і в майбутньому можливі більш складні та інтелектуальні системи, здатні навчатися на основі досвіду користувача і краще адаптуватися до потреб користувачів.

Зі зростанням популярності голосових інтерфейсів виникають питання безпеки та конфіденційності даних. Системи можуть записувати та зберігати голосові команди користувачів, що порушує питання захисту цих даних.

Загалом голосові інтерфейси стали невід'ємною частиною сучасної технології і продовжують змінювати спосіб взаємодії з машинами та пристроями, роблячи його більш природним та зручним.

### Розпізнавання образів

Розпізнавання образів (або розпізнавання зразків) - це процес автоматичного визначення та класифікації об'єктів чи патернів у даних на основі їх характеристик та властивостей. Цей процес є важливою частиною багатьох програм та систем, включаючи штучний інтелект, обробку зображень, комп'ютерний зір, обробку сигналів та біометричну ідентифікацію.

Вхідні дані для розпізнавання образів можуть бути різними і залежать від контексту. Це можуть бути зображення, звукові сигнали, текст, часові ряди та інші форми даних. Існує багато методів та технік для розпізнавання образів: методи машинного навчання, нейронні мережі, методи статистики, методи шаблонів тощо.

Розпізнавання образів знаходить застосування в різних галузях, таких як медицина (діагностика на основі медичних зображень), автомобільна промисловість (автопілоти та системи адаптивного круїз-контролю), робототехніка, безпека (біометрична ідентифікація), обробка зображень та відео, а також у комп'ютерних іграх та багатьох інших областях.

Розпізнавання образів відіграє важливу роль у сучасних технологіях та додатках, допомагаючи автоматизувати завдання, які вимагають аналізу та класифікації даних, що може бути складно чи неможливо для людини.

### Системи машинного перекладу

Системи машинного перекладу (Machine Translation, MT) - це програмні або апаратні системи, здатні автоматично перекладати текст або промову з однієї мови на іншу. Ці системи використовують технології штучного інтелекту та обробки природної мови (Natural Language Processing, NLP) для виконання перекладу.

Незважаючи на значні досягнення, системи машинного перекладу стикаються з викликами, такими як точність перекладу, збереження структури та змісту, а також врахування контексту та культурних особливостей.

Системи машинного перекладу відіграють важливу роль в усуненні мовних бар'єрів та покращенні доступу до інформації різними мовами. Розвиток методів машинного навчання та нейронних мереж дозволяє сподіватися на подальше покращення якості автоматичного перекладу в майбутньому.

### Інтелектуальний Інтернет

Інтелектуальний інтернет, також відомий як "Інтернет речей" (Internet of Things, IoT), є концепцією, в якій фізичні пристрої, об'єкти та системи можуть бути підключені до Інтернету та обмінюватися даними та інформацією, а також виконувати інтелектуальні функції. Цей підхід створює мережу розумних та взаємодіючих пристроїв, які здатні збирати, обробляти та передавати інформацію без необхідності активного втручання людини.

Зібрані дані відправляються на хмарні сервери, де вони обробляються з використанням алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту. Це дозволяє отримувати цінні знання та інформацію з даних. На основі даних та аналітики, пристрої IoT здатні приймати рішення та виконувати дії. Наприклад, розумний будинок може автоматично регулювати температуру або включати безпеку під час виявлення вторгнення.

Інтелектуальний інтернет знаходить застосування у багатьох галузях, включаючи міське управління (розумні міста), охорону здоров'я (медичні пристрої), промисловість (виробничі системи), сільське господарство (розумні ферми), транспорт (автономні автомобілі) та багато іншого. Використання IoT викликає питання безпеки та конфіденційності даних, оскільки велика кількість пристроїв та передача даних можуть бути вразливими до атак.

Інтелектуальний інтернет є важливим елементом цифрової революції та сучасних технологій, забезпечуючи збір та аналіз даних серед безлічі пристроїв та систем, що сприяє покращенню ефективності та зручності в різних галузях людського життя.

### Ігровий напрямок

Одна з найцікавіших і корисних сторін застосування інтелектуальних систем - розробка ігор, розважальних програм і систем спілкування з людиною. Велику частку тут займає моделювання соціальної поведінки, спілкування, людських емоцій, творчості. Це один з найскладніших напрямів розробки інтелектуальних систем і в той же час - один з найперспективніших.

Ігровий напрямок інтелектуальних систем збагачує ігрову індустрію, робить ігри більш цікавими та реалістичними, а також знаходить застосування в інших галузях, таких як освіта та тренінг.

### Машинна творчість

Машинна творчість (Machine Creativity) - це область штучного інтелекту, яка досліджує здатність комп'ютерних систем генерувати творчі роботи: створення зображень, музики, текстів, відео та іншого контенту з використанням алгоритмів машинного навчання і штучного інтелекту. Ця область поєднує технічні дослідження з мистецькими та творчими процесами.

Машинна творчість спроможна співпрацювати з художниками та дизайнерами, допомагаючи їм розширити свої творчі можливості і надати нові способи творчого вираження та експериментів. Вона також допомагає досліджувати зв'язок між технологією та мистецтвом, а також можливості розширення людської креативності.

### Робототехніка

Робототехніка розвивається настільки швидко, що її можна розділити на кілька поколінь, кожне з яких характеризується певними технологічними і концептуальними змінами.

#### Перше покоління (1950-1960-і роки)

* Ранні роботи були механічними пристроями, обмеженими у функціональності.
* Вони не мали сенсорами і були обмежені в сприйнятті навколишнього середовища.
* Застосовувалися в промисловості, головним чином задачах, що вимагають простого і повторюваного руху.

#### Друге покоління (1970-1990-і роки)

* Роботи стали більш складними та здатними виконувати різноманітніші завдання.
* Впровадження сенсорів, таких як камери та датчики сили, дозволило їм взаємодіяти з навколишнім середовищем.
* Це покоління роботів стало широко використовуватися у виробництві та монтажі.

#### Третє покоління (2000 – теперішній час)

* Роботи стали більш автономними та здатними до адаптації.
* Мобільні роботи, такі як безпілотні автомобілі та дрони, стали більш поширеними.
* Штучний інтелект та машинне навчання зробили роботів більш здатними до навчання та прийняття рішень у реальному часі.

#### Четверте покоління (перспективи розвитку)

* Прогнозується, що майбутнє покоління роботів буде ще більш складним та інтегрованим у повсякденне життя.
* Очікується розширення сфери застосування роботів у охороні здоров'я, освіті, домашніх господарствах та інших сферах.
* Технології, такі як квантові обчислення та біоніка, можуть зробити значний внесок у розвиток майбутніх роботів.

Кожне нове покоління роботів принесло із собою значний прогрес у галузі робототехніки, і воно продовжує розвиватися та еволюціонувати, відкриваючи нові можливості та виклики для нашого світу.

### Побутові пристрої

Розумні побутові прилади та пристрої, також відомі як "розумний будинок" або "інтернет речей для дому" (IoT for Home) це пристрої, які підключені до інтернету і мають можливість автоматизації та віддаленого керування. Вони спроектовані для полегшення повсякденних завдань та покращення зручності, безпеки та енергоефективності у домашньому середовищі.

Розумні побутові прилади та пристрої створюють розумний та інтегрований будинок, який дозволяє керувати різними побутовими аспектами за допомогою смартфона або голосових команд, покращуючи комфорт та ефективність повсякденного життя.

## Висновки

Системи самоорганізації та самонавчання представляють важливу галузь штучного інтелекту та мають широкі перспективи для розвитку та покращення.

Напрямки та інновацій, які можуть зробити ці системи більш ефективними та адаптивними:

* **Глибоке навчання та нейромережі**. Застосування глибокого навчання та нейронних мереж у системах самоорганізації та самонавчання може покращити їхню здатність аналізу та обробки даних та призвести до більш точних та високорівневих рішень.
* **Інтернет речей (IoT).** Поєднання систем самоорганізації та самонавчання з сенсорами та пристроями IoT дозволяє їм отримувати більше даних із реального світу та краще адаптуватися до навколишнього середовища.
* **Хмарні обчислення.** Хмарні платформи надають доступ до великої обчислювальної потужності та великих обсягів даних, що може покращити навчання та функціональність систем самоорганізації.
* **Великі дані (Big Data)**. Обробка та аналіз великих обсягів даних можуть покращити здатність систем самоорганізації виявляти патерни та тренди.
* **Багатоагентні системи**. Використання багатоагентних систем, де різні агенти (наприклад, роботи або програмні агенти) можуть взаємодіяти та навчатися один від одного, може зробити системи більш гнучкими та розумними.
* **Автономні системи.** Розвиток автономних систем, здатних приймати рішення та діяти без постійного людського контролю, може покращити ефективність ряду програм, включаючи автономні автомобілі та роботів.
* **Навчання з підкріпленням для роботів**. Застосування навчання з підкріпленням у робототехніці може зробити роботів більш адаптивними та здатними до виконання різноманітних завдань.
* **Біоінспіровані методи**. Аналоги з біології та нейробіології можуть надихнути нові методики навчання та алгоритми, що ґрунтуються на принципах біологічних систем.
* **Етичні та правові аспекти**. Важливо також розробляти стандарти та регулювання для систем самоорганізації та самонавчання, щоб забезпечити їх безпеку та етичність.

Вдосконалення систем самоорганізації та самонавчання продовжуватиметься паралельно з розвитком технологій та науковими дослідженнями в галузі штучного інтелекту. Очікується, що це призведе до створення більш гнучких, адаптивних та розумних систем, здатних вирішувати широкий спектр завдань у різних галузях.

## Контрольні питання

1. Які властивості притаманні адаптивним системам?
2. Назвіть основні ознаки системи з самоорганізацією.
3. Які методи покладено в основу систем з самонавчанням?
4. Які системи називають інтелектуальними?
5. Які задачі покладено на інтелектуальну інженерію?
6. Назвіть два основних напрямки інтелектуальної інженерії.
7. Перелічіть цільові області для біонічного напрямку інтелектуальної інженерії
8. Перелічіть практичні реалізації інтелектуальних систем.
9. Поясніть різницю між поняттями машинне та глибоке навчання.
10. Перелічить типи штучного інтелекту за рівнями складності.