

СПРИЙНЯТТЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОГНІТИВНОЇ СИСТЕМИ В РОБОТОТЕХНІЦІ

І.С. Афанасьєв, В.С. Ситніков

Національний університет «Одеська політехніка»

Анотація. Проведено аналіз робототехнічних систем у рамках когнітивної науки. Запропоновано високорівневу схему сприйняття робототехнічної когнітивної системи на основі висхідної ієрархічної моделі. Розглянуто сприйняття в різних дисциплінах задля поліпшення дослідження мультідисциплінарної когнітивної науки. Визначені та поставлені задачі для когнітивного сприйняття про адаптивність, досвід та багатосенсорність в інтелектуальних системах.

Ключові слова: Роботизовані системи, когнітивні системи, сприйняття, адаптивність, навколишнє середовище

Вступ

Людство на протязі своєї історії постійно переосмислює традиційні підходи до праці, виробництва та соціальних взаємодій. Цей неперервний процес інновацій та адаптації відображає прагнення суспільства оптимізувати умови та процеси з метою підвищення ефективності та поліпшення якості життя. У наш час значних технологічних зсувів цей імпульс призвів до народження концепцій Індустрії 4.0 та Індустрії 5.0, кожна з яких представляє собою унікальне бачення майбутнього промисловості та суспільства. [1, 2]

Індустрія 4.0, з її акцентом на автоматизацію та взаємопов'язаність, уособлює собою прорив у інтеграції передових технологій у традиційні виробничі системи. Вона підтримує ідею "розумних" підприємств, де цифрові технології керують процесами, роблячи їх швидшими, безпечнішими та ефективнішими. В рамках автоматизації особливо вирізняється застосування сенсорних технологій у робототехнічних системах. Сенсори та їх інтеграція в системи автоматичного керування дозволяють забезпечувати безпрецедентний рівень моніторингу та контролю за виробничими процесами. Це не лише сприяє запобіганню дефектів та збоїв завдяки своєчасному виявленню аномалій, але й підтримує безперервне та гнучке виробництво. Таким чином, робототехніка,

підсилена сенсорними технологіями, стає ключовим фактором у трансформації індустріальних практик, відкриваючи двері до епохи підвищеної ефективності та надійності. [3, 4]

Індустрія 5.0 представляє собою перехід від автоматизованих процесів до інтелектуальної автоматизації, центральним компонентом якої є когнітивні системи. Ці системи, натхненні унікальними можливостями людського мозку, націлені на відтворення деяких з найскладніших когнітивних процесів, таких як навчання, розуміння, розпізнавання шаблонів, аналітичне мислення та прийняття рішень, у інженерному та виробничому контексті. [5]

Індустрія 5.0 вводить нову парадигму, зосереджену не лише на технологічному прогресі, а й на відновленні людського елемента у виробництві. Це означає, що, хоча автоматизація та роботизація залишаються ключовими елементами, особлива увага приділяється взаємодії між людиною та машиною для досягнення більшої гнучкості, новизни та персоналізації. [2, 5, 6]

Цей рівень автономії та когнітивної поведінки відкриває нові перспективи для виробничих систем, де машини та обладнання можуть функціонувати як самодостатні одиниці, у той же час ефективно взаємодіючи з людьми. Це передбачає перехід від централізованих до децентралізованих систем керування, де рішення можуть бути прийняті на місцевому рівні, але з урахуванням загальних цілей та параметрів

системи. Такий підхід не лише має покращити ефективність процесів, але й збільшує безпеку та гнучкість, оскільки індивідуальні агенти можуть негайно реагувати на непередбачені ситуації або зміни у виробничому процесі, на місці, де людина має схильність помилятися. [2, 7]

Когнітивна система відноситься до таких технологій та систем, які здатні імітувати людський процес мислення, базуючись на складних алгоритмах та великих обсягах даних. Вони призначені для автоматизації рішень, навчання, проблемного аналізу та взаємодії з людьми. Вивчення когнітивістики як науки проходить вже довгий час. Когнітивна наука, перетинаючись з психологією, нейробіологією, інформатикою та іншими дисциплінами, прагне зрозуміти механізми людського мислення та використовувати ці знання для створення систем, здатних моделювати різні аспекти людської когнітивної діяльності. На сьогоднішній день, на основі таких досліджень у Промисловості 5.0 цілком можливо проводити дослідження в робототехніці. [8, 9, 10]

У контексті Промисловості 5.0 когнітивні системи набувають особливої актуальності, оскільки передбачається, що майбутнє виробництво буде спиратися на глибоку інтеграцію людського та машинного інтелекту. Однак, незважаючи на значні досягнення, перед дослідниками все ще стоять численні завдання, пов'язані з розумінням фундаментальних принципів людської когнітивної діяльності та створенням на їх основі ефективних когнітивних систем. Ці системи мають бути здатними до самонавчання, адаптації та спільного прийняття рішень з людиною у реальному часі, забезпечуючи гнучкість, резистентність до помилок та оперативне вирішення нестандартних завдань. [2, 9, 11]

Дослідження когнітивних систем у робототехніці представляє собою складне завдання, що включає розуміння внутрішніх та зовнішніх процесів, які визначають функціонування штучного інтелекту (ШІ). Цей процес вимагає глибокого розуміння не тільки машинобудування та інформатики, але й психології, особливо коли справа доходить до когнітивних процесів. Розвиток ефективних

когнітивних систем передбачає необхідність дослідження складних алгоритмів та розробки нечітких моделей, які можуть краще відображати психологічні аспекти людського сприйняття. Однак один із найбільш перспективних і простих шляхів для авторів є аналіз сприйняття, оскільки воно представляє собою перехрестя між фізичним світом, який ми сприймаємо, та складними процесами інтерпретації цієї інформації, що відбуваються в нашому мозку.

Аспект сприйняття є надзвичайно важливим, адже саме він визначає, як машина інтерпретує вхідні дані, перетворюючи їх у символи та концепції, які можуть бути використані в подальших когнітивних процесах. [9, 12]

Існує значний бар'єр, який необхідно подолати для досягнення ефективної взаємодії між когнітивною системою та навколишнім світом: завдання сприйняття. У робототехнічних та інших складних системах, заснованих на ШІ, сприйняття повинно йти далі за просте розпізнавання об'єктів чи сцен. Воно повинно забезпечувати переклад спостережуваних даних у контекст, який можуть використовувати інші когнітивні процеси, такі як прийняття рішень, планування та навчання.

Однак постає низка питань: як забезпечити, щоб системи, спостерігаючи за сценою, могли не просто розрізняти образи, а й розуміти, що відбувається? Як можна інтегрувати сприйняття з іншими когнітивними функціями, щоб штучний агент міг адекватно реагувати на зміни в навколишньому середовищі?

Враховуючи вищесказане, важливість сприйняття у когнітивній робототехніці не може бути переоцінена. Це основоположний елемент, що дозволяє машинам не просто 'бачити' чи 'чути', а розуміти своє оточення таким чином, який досі вважався виключно людською особливістю. Однак, незважаючи на значні досягнення в цій галузі, залишаються проблеми, які становлять собою як технічні, так і фундаментальні наукові виклики. [9]

Однією з таких проблем є розробка та інтеграція ефективних систем сприйняття, здатних на обробку та інтерпретацію складних сенсорних даних для формування узгодженої та адаптивної моделі навколишнього середовища.

Це включає в себе не тільки розпізнавання та класифікацію об'єктів, але й розуміння їх взаємозв'язків та контексту. Інший виклик пов'язаний з інтеграцією, що вимагає об'єднання даних з різних сенсорів у єдину, узгоджену картину світу. [11, 13]

Отже, основною метою даного дослідження є вивчення цих проблем у контексті розробки нових стратегій та алгоритмів для покращення когнітивних систем у сфері сприйняття. Аналізувати існуючі підходи, виявити їх обмеження та запропонувати інноваційні рішення, здатні забезпечити вищий рівень розуміння роботами свого оточення і, як наслідок, більш природне взаємодію з людським світом.

1. Визначення сприйняття

Щоб повноцінно обговорити концепцію сприйняття, важливо визнати багатомірність цього терміну та враховувати його різні інтерпретації в контексті кожної дисципліни. Сказати, що таке сприйняття - досить складне завдання. Цей термін використовується у найрізноманітніших контекстах і може означати все від базового сенсорного сприйняття до складного процесу інтерпретації та розуміння інформації. [2, 14, 15, 16]

У самій когнітивній науці сприйняття описується як складний процес, в ході якого система перетворює сенсорні вхідні дані на смислові представлення. Це не просто пасивне відображення зовнішнього світу, а активний процес інтерпретації, вибору та організації інформації, що надходить через сенсорні канали. [2, 16]

Когнітивна наука є міждисциплінарною галуззю, яка об'єднує знання з декількох дисциплін, включаючи когнітивну психологію, когнітивну філософію, неврологію, штучний інтелект, лінгвістику та антропологію. Це підкреслює необхідність міждисциплінарного підходу при вивченні сприйняття, що об'єднує в собі розуміння природничих та технічних наук, щоб розробити більш глибоке та комплексне розуміння цього феномену.

Саме тому для досягнення всебічного розуміння сприйняття ми звертаємося до

основних наукових дисциплін, на яких побудована когнітивна наука. Кожна з них пропонує унікальний погляд на сприйняття, дозволяючи нам зібрати розрізнені частини в єдине ціле. При цьому, така картина не дає відповіді у загальних рисах, що таке сприйняття. Тому існує запит на виявлення універсальних механізмів сприйняття та специфічні аспекти, притаманні тільки певним областям знання. Такий підхід допоможе виявити потенційні напрямки для майбутніх досліджень та розробок у сфері ШІ, когнітивної науки та робототехніки.

2. Сприйняття у когнітивній психології

Когнітивна психологія, відіграючи центральну роль у багатопрофільній когнітивній науці, представляє собою невід'ємний елемент у розумінні структур та процесів сприйняття. Ця галузь акцентує увагу на вивченні когнітивних процесів людини, таких як увага, пам'ять, мова, прийняття рішень і, звісно, сприйняття. Вона прагне розшифрувати, як людський мозок обробляє інформацію, перетворюючи сенсорні дані в складні ментальні конструкції та реакції.

У контексті сприйняття когнітивна психологія розвиває ключові концепції, ілюструючи, як люди сприймають, інтерпретують та відображають свій оточуючий світ у власній свідомості. Ці механізми не просто пояснюють, як ми "бачимо" реальність, але і як ми її "відчуваємо", забезпечуючи міст між суб'єктивним досвідом та об'єктивними процесами обробки інформації.

Звернення до когнітивної психології обумовлене очікуванням напрямків, теорій, моделей сприйняття, які можна адаптувати для реалізації когнітивних процесів у системах.

Одним з таких напрямків у когнітивній психології, що мало значний вплив на розуміння сприйняття, є гештальтпсихологія. Гештальтпсихологія досить стара школа у психології, але загальні принципи сприйняття актуальні дотепер. Прихильники вважають, що у людини є вроджене прагнення до сприйняття цілісних фігур та об'єктів - фігури та фону. Ця школа вводить ряд фундаментальних принципів, до них належать [17, 18]:

- **Принцип близькості:** наше сприйняття схильне групувати близькі об'єкти разом, створюючи цілісні фігури.

- **Принцип схожості:** об'єкти, що володіють подібними характеристиками (наприклад, кольором, формою, розміром), сприймаються як єдине ціле.

- **Принцип замкнутості (цілісності):** наше сприйняття прагне бачити завершені фігури, навіть якщо вони фактично неповні.

- **Принцип симетрії:** симетричні об'єкти сприймаються як належні разом, формуючи єдине ціле.

- **Принцип продовження:** лінії або шаблони, які ведуть без явних переривань, сприймаються як єдина структура.

- **Принцип фігури та фону:** наше сприйняття здатне розрізняти об'єкт (фігуру) та його оточення (фон).

У рамках гештальтпсихології були відкриті важливі закони константності сприйняття. Всі вони кажуть про те, що цілісний образ не змінюється залежно від змін ситуації. До законів входять:

- **Константність розміру:** сприйманий розмір об'єкта залишається сталим, незалежно від того, як змінюється відстань до нього.

- **Константність форми:** сприймана форма об'єкта постійна навіть при зміні орієнтації погляду.

- **Константність яскравості:** сприймана яскравість об'єкта залишається сталою при змінюваних умовах освітлення.

Ці концепції та закони відіграють центральну роль у поясненні того, як ми організуємо сенсорні стимули в цілісні образи та інтерпретуємо візуальну інформацію, підтримуючи стабільність сприйняття в мінливому оточенні. Незважаючи на критику самої гештальтпсихології, принципи та закони сприйняття продовжують чинити значний вплив. В такому ключі гештальтпсихологія відповідає на питання, як людина організовує цілісний образ з розрізненої сенсорної інформації, яка надходить з зовнішнього середовища. [18]

У той же час когнітивна психологія пропонує моделі, які на подобу гештальтпсихології

намагаються пояснити, як людина виділяє шаблони в зовнішньому середовищі. Такі моделі зазвичай дозволяють описати процес сприйняття та ідентифікації форм об'єктів. Теорія прототипів обґрунтовує ідею, що формування форми об'єкта відбувається через порівняння з "середньостатистичними" зразками (прототипами), сформованими на основі попереднього досвіду. Ці прототипи не є точними копіями якихось об'єктів, але представляють собою усереднені образи, що полегшують процес розпізнавання. Формування прототипів складається з двох елементів: отримання інформації про ознаки та отримання інформації про взаємовідносини між ознаками [19, 20].

- **Модель центральної тенденції:** прототип представляє усереднений показник зразків [21].

- **Модель частотності ознак:** прототип відображає моду або найчастіше поєднання ознак, що зустрічається [22].

Усі моделі сприйняття форми висвітлюють лише окремі аспекти даного процесу. Кожна модель по-своєму правильна, але кожна потребує підтримки з боку інших моделей. Такі моделі цілком можуть працювати на різних рівнях.

Додатково до сприйняття форми об'єктів однією з фундаментальних задач когнітивної психології є розуміння механізмів об'ємного сприйняття та сприйняття руху. Ці аспекти зорового сприйняття відіграють вирішальну роль у тому, як ми інтерпретуємо та взаємодіємо з нашим оточуючим тривимірним світом.

1. **Об'ємне сприйняття:** Цей процес включає в себе численні сигнали та принципи. Бінокулярний паралакс, наприклад, включає побудову об'ємного зорового образу на основі різниць у зображеннях, проєктованих на сітківку лівого та правого очей. Монокулярні сигнали глибини, такі як лінійна перспектива, суперпозиція, відносний розмір та затінення, дозволяють нам визначати глибину та відстань, навіть коли доступний лише одне око. Градієнт текстури та паралакс руху також важливі для інтерпретації об'ємних характеристик сцени. [23]

2. **Сприйняття руху:** Ми розпізнаємо рух через ряд візуальних сигналів та ілюзій. Стробоскопічний ефект та індукований рух є

прикладом того, як мозок може інтерпретувати послідовність статичних зображень як безперервний рух або приписувати рух одному об'єкту на основі руху іншого. [24]

У аналізі різних теорій та моделей стає ясно, що процес сприйняття виходить за рамки простої реакції на сенсорні стимули; він включає в себе складні когнітивні механізми. Ці механізми підкреслюють роль мозку у трансформації візуальної інформації в узгоджені образи реальності, демонструючи, як ми інтерпретуємо такі аспекти, як об'єм та рух.

В результаті можна зробити висновок, що поки не існує універсальної моделі, придатної для всіх сценаріїв реалізації сприйняття в когнітивних системах. Замість цього, вибір підходу повинен опиратися на конкретні цілі та параметри завдань, з якими належить зіткнутися. Це вимагає ретельного аналізу та порівняння теорій для забезпечення їх відповідності специфічним вимогам розроблюваного проекту.

Опираючись на ці принципи, когнітивна наука повинна прагнути розширити рамки розуміння сприйняття, інтегруючи знання з різних дисциплін, але зберігаючи центральні концепції, вироблені когнітивною психологією. Таким чином, сприйняття виступає не тільки як фундаментальний елемент людського досвіду, але й як ключова точка перетину в більш широкому контексті міждисциплінарного дослідження в рамках когнітивної науки.

3. Сприйняття в робототехніці

У робототехніці "сприйняття" зазвичай пов'язане з методами, які машина використовує для збору та інтерпретації даних із навколишнього світу за допомогою датчиків, таких як камери, лазерні сканери (LIDAR) та тактильні датчики. Цей процес не включає суб'єктивне осмислення чи усвідомлене осмислення інформації, яке є характерним для людського досвіду. У контексті Індустрії 5.0, коли акцент робиться на більш тісній комунікації та співпраці між людиною та роботом, наше поточне розуміння та методи сприйняття в робототехніці можуть виявитися недостатніми. Для досягнення справжньої співпраці між людиною та роботом

потрібно поставити завдання сприйняття, розв'язуючи яке, існує можливість наблизити робототехніку до людського досвіду та когнітивних процесів. [2, 13]

На відміну від людського мозку, здатного до глибокого осмислення та інтерпретації зовнішніх стимулів, роботизовані системи, як правило, функціонують в рамках чітко встановлених параметрів. Їхнє сприйняття зазвичай спирається на жорстко задані алгоритми та програмне забезпечення для обробки інформації від датчиків. Відсутність гнучкості в адаптації та глибокого осмислення даних робить їхнє сприйняття поверховим. Для досягнення бажаного результату інженерам доводиться ретельно проектувати та програмувати системи, щоб вони могли справлятися з різними, часто непередбачуваними ситуаціями. Але навіть у такому випадку, подібні системи будуть працювати в очікуваних умовах. Якщо говорити про високу індивідуальність систем, то необхідно виділити завдання адаптивної робототехніки в невизначених умовах. [25]

Крім основних завдань сприйняття та адаптивної робототехніки, можна виділити супутні завдання сприйняття, які охоплюють широкий спектр дій, спрямованих на адаптацію та взаємодію робота з навколишнім середовищем. Вирішення таких завдань дозволяє створювати системи, які будуть працездатними в невизначених умовах. Серед ключових завдань можна виділити:

1. **Виявлення та класифікація деталей:** визначення та категоризація компонентів на основі візуальної або тактильної інформації. [26]
2. **Планування маршруту:** розробка шляху для робота, щоб він міг безпечно та ефективно пересуватися з однієї точки в іншу, враховуючи перешкоди та інші характеристики середовища. [27]
3. **Навігація:** визначення місцеположення робота та прокладання шляху в динамічному середовищі. [28]

Що стосується питання про те, чи повинні когнітивні системи вирішувати всі завдання, то тут немає однозначної відповіді. Багато з цих завдань можуть бути вирішені людиною, адже вони часто ставляться з метою автоматизації

людської праці. Розумно очікувати, що когнітивна система буде здатна вирішувати завдання, схожі з тими, що вирішує людина. Тим не менш, важливо усвідомлювати, що будь-яка когнітивна система, створена людиною, має свої обмеження. Вона може бути заточена під конкретний набір завдань і не володіти такою різноманітністю когнітивних здібностей, як людина.

Звернення до робототехніки обумовлене тим, що в галузі існують передові методи та теорії, які дозволили б когнітивним системам адекватно сприймати та інтерпретувати інформацію з зовнішнього світу. Робототехніка є ключовою галуззю для реалізації когнітивних систем та ШІ. Використання заздалегідь розроблених та випробуваних модулів, наприклад, для розпізнавання об'єктів, прискорює впровадження когнітивних функцій, уникаючи необхідності повторення всього дослідницького циклу.

Кожне завдання в когнітивній робототехніці, чи то планування, навігація чи сприйняття, вимагає свого унікального підходу до дослідження та розробки. Проте, успішне вирішення завдання сприйняття може лягти в основу для вирішення інших завдань, оскільки воно є фундаментальним компонентом для взаємодії робота з навколишнім середовищем. Ефективна когнітивна система повинна прагнути інтегрувати різноманітні дані в єдине ціле, забезпечуючи роботу надійною основою для самостійних рішень та адаптації.

4. Когнітивна робототехніка

Когнітивні науки пропонують широкий спектр теорій та моделей, які пояснюють механізми роботи мозку. У контексті когнітивної робототехніки ці підходи не лише сприяють розробці автономних агентів, але й є ключовими для конструювання їх здатності до інтелектуального прийняття рішень. Приклади таких теорій, включаючи теорію карти пріоритетів, можуть безпосередньо впливати на розробку алгоритмів, які керують увагою та вибором робота у складних та динамічних середовищах. Важливими концепціями саме для сприйняття можна виділити:

– **Класичні висхідні та низхідні теорії.** Стосуються обробки інформації. Висхідний процес починається на рівні сенсорного вводу і рухається до вищих когнітивних функцій. Низхідний контроль включає в себе вплив вищих когнітивних процесів (увага, пам'ять) на те, як інтерпретується сенсорна інформація. Це передбачає, що наш досвід, знання, переваги та цілі можуть змінювати те, як ми сприймаємо вхідну інформацію. [2, 29]

– **Теорія вільної енергії.** Згідно з теорією, когнітивна система повинна мати тенденцію підтримувати інформаційний порядок, щоб мінімізувати витрати енергії, спричинені несподіваністю. Сприйняття вводить у систему дані, а увага робить висновок про наслідки для коригування дії та контролю рівня ентропії. [2, 29]

– **Моделі машинного навчання та штучного інтелекту.** Ці моделі включають алгоритми, здатні адаптуватися та навчатися з досвіду, що дозволяє когнітивним роботам навчатися на основі попередніх взаємодій з навколишнім середовищем та відповідно модифікувати свою поведінку для досягнення поставлених завдань. [29]

Незалежно від вибору моделей та теорій, до роботизованої системи повинна пред'являтися достатньо важлива вимога, яка виділяє її порівняно з класичними підходами до побудови робототехнічних систем. У будь-якому випадку, когнітивна система зобов'язана робити раціональний вибір. Визначення раціонального агента: для кожної можливої послідовності вказівок раціональний агент повинен вибрати дію, яку, як очікується, максимізує його показник ефективності, враховуючи свідчення, які надає послідовність сприйняття, і будь-які вбудовані знання, якими володіє агент. Це чудово корелює з принципом мінімуму енергії. За таким принципом, когнітивна система може робити інтелектуальний вибір на користь мінімізації витрат енергії на майбутню дію. Ідея може стати фундаментальною при розробці інтелектуальних агентів. [30]

Вирішуючи саму ж задачу сприйняття з робототехніки на основі елементів когнітивності,

можна визначити, що необхідно представити систему або модуль сприйняття як вхідну точку в систему. Така підсистема повинна мати відповідальність за взаємодію з іншими підсистемами, надаючи їм інформацію високого рівня у вигляді символів, образів, форм з паралельних джерел. Важко визначити, чи буде така підсистема модульною та незалежною від інших когнітивних підсистем, таких як увага. Теоретично, сприйняття може існувати без механізмів уваги, якщо система просто неперервно і пасивно обробляє вхідні сенсорні дані без вибіркового фокусування. Прикладом може служити базова камера спостереження, яка записує все без розбору. З іншого боку, увага без сприйняття не має сенсу, оскільки немає що виділяти або на що фокусуватися, якщо немає вхідних сенсорних даних для обробки.

Розвитком ідей зв'язності сприйняття з іншими процесами може послужити концепт 'сприйняття і дія', де когнітивні процеси не можуть бути повністю зрозумілі ізольовано один від одного. Концепт добре працює в робототехніці у зв'язці з висхідною теорією, де сенсорна інформація безпосередньо пов'язана з моторними командами агенту. Це може бути зроблено через так звані реактивні системи, де сенсорні входи викликають специфічні моторні реакції без значної обробки або затримки, що дозволяє роботам швидко і ефективно реагувати на зміни в оточуючому середовищі.

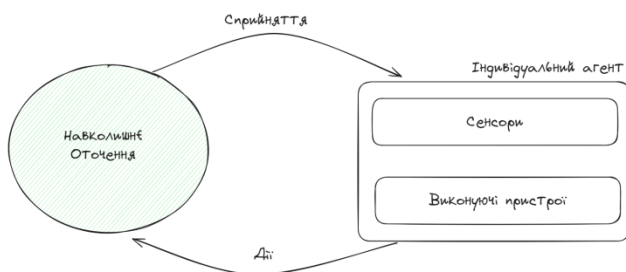


Рис. 1. Концепція 'percept and action'

Впровадження реактивних систем вимагає управління неперервним потоком даних, забезпечуючи швидку відповідь на зовнішні події. Такі системи особливо цінні в невизначених умовах, де потрібна миттєва зворотній зв'язок, що дозволяє адаптуватися до змін у навколишньому

середовищі. Це підкреслює роль систем реального часу, які критично важливі для підтримання актуального стану вхідної інформації та здатності до негайної дії. Наявність швидкої зворотної відповіді робить реактивні системи ідеальними для сценаріїв, де потрібне швидке сприйняття і реагування, наприклад, у роботизованих дослідженнях невідомих територій або в ситуаціях аварійної відповіді. Така потреба обробки даних у режимі реального часу значно збільшує складність когнітивних систем, вимагаючи від них високої пропускну здатності, низької затримки і надійності в умовах постійно змінюваної зовнішньої середовища. При цьому з'являється можливість вирішити завдання адаптивної робототехніки.

Для опису способів, якими інформація обробляється різними сенсорними системами, когнітивна наука використовує поняття модальності. Модальні представлення пов'язані безпосередньо з такими сенсорами, як зір, слух, дотик тощо. Вони містять інформацію, яка "модульована" конкретною сенсорною системою. Наприклад, візуальне представлення буде містити інформацію про форму, колір і розмір об'єкта, яку можна вловити через зір. [31]

Окрім вхідних потоків інформації з зовнішнього середовища, когнітивна система здатна сприймати інформацію зсередини системи, наприклад з пам'яті або мислення. Така інформація є абстрагованою від конкретних сенсорних систем. Ці представлення вважаються амодальними, оскільки вони не прив'язані до однієї модальності, а скоріше об'єднують інформацію з різних джерел і модальностей. Наприклад, поняття "собака" є амодальним, оскільки воно може бути активовано незалежно від того, бачите ви собаку, чуєте гавкіт або думаєте про собак у абстрактному сенсі. [31]

Сучасні теорії сприйняття відійшли від протиставлення модальності амодальності та прийшли до ієрархічної природи когнітивної обробки, передбачаючи, що інформаційні представлення трансформуються від конкретно-сенсорних (модальних) до більш абстрактних і концептуальних (амодальних) на вищих етапах цієї ієрархії. Це припущення підтверджується здатністю людини інтегрувати та порівнювати

інформацію з різних сенсорних модальностей на рівні вищих когнітивних функцій, наприклад, порівнюючи інтенсивність звукового стимулу з тривалістю візуального стимулу. Більш того, оскільки основною функцією сприйняття є керівництво організмом у навколишньому середовищі, виникає питання про те, як проникливі та моторні процеси взаємодіють один з одним та які репрезентативні формати використовуються при цьому взаємодії. [31]

Базуючись на висхідній теорії когнітивної науки, застосовуючи ідеї модальностей та амодальностей, цілком можливо запропонувати загальну структурну схему когнітивної системи. У такій схемі існуватимуть системи сенсорного введення, системи модальностей, що будуть організовувати та структурувати примітивну

інформацію, а також системи амодальностей, що будуть відповідальні за організацію інформації високого рівня. У такій системі процес сприйняття представлено як окремий модуль. Для підтримки активного процесу інтерпретації та розуміння сенсорної інформації, такому модулю необхідно підтримувати комунікацію з іншими важливими процесами когнітивної системи, такими як пам'ять, увага, мислення. У такій парадигмі споріднені процеси будуть організовувати внутрішнє сприйняття у системі, а також матимуть власні відповідальності. Взаємодія у такій структурі відбувається згідно висхідної ієрархічної моделі, з сенсорного введення в модальності, з модальностей в амодальності.

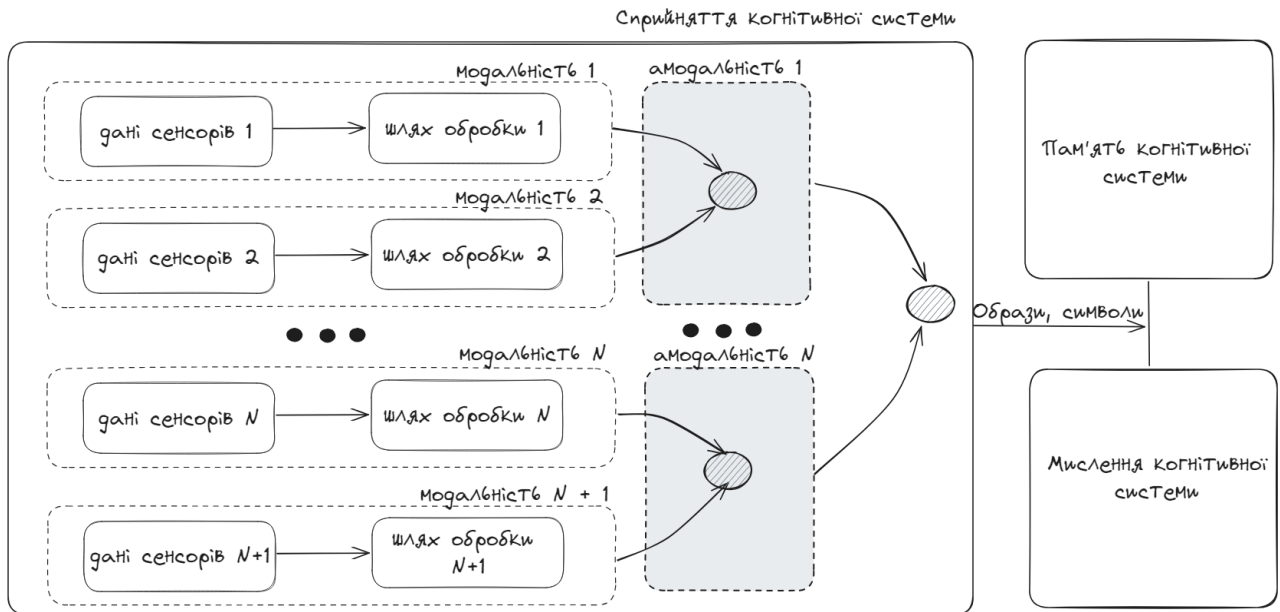


Рис. 2. Ієрархічна модель сприйняття когнітивної системи

На основі запропонованої схеми можна визначити, що кожна модальність відповідає за свій унікальний тип надаваної інформації. Видно, що кожний тип модальності повинен працювати з унікальними структурами даних. Візуальна модальність в робототехніці працює з растровими або векторними зображеннями; слухова модальність спроможна обробляти аналогові звукові сигнали. Ці системи можуть працювати одночасно і часто роблять це: ми можемо одночасно бачити і чути. Складність виникає при

спробі приділити усвідомлену увагу кільком завданням одночасно. Когнітивна система є ресурсною системою, і тому вона не здатна виконувати кілька дій одночасно.

Вибір модальностей для роботизованих агентів визначається його цілями та контекстом застосування. Візуальна модальність часто є ключовою через її роль у навігації та розпізнаванні об'єктів, тоді як слухова модальність може бути необов'язковою, але дуже корисною. Інтеграція додаткових модальностей і

їх паралельна обробка дозволяють збагачувати візуальні дані звуковою інформацією про спостережувані об'єкти. Це підвищує не лише точність розпізнавання об'єктів, але й забезпечує більшу раціональність у прийнятті рішень під час виконання різних когнітивних завдань. Крім того, використання мультимодальних підходів збільшує надійність робототехнічних систем: у випадку збою одного з датчиків, функціонування системи може підтримуватися іншими модальностями.

У сучасній робототехніці особливе місце займає ідея злиття сенсорів (sensor fusion). Виходячи з цього методу, апаратні частини систем здатні створювати унікальні комплексні типи інформації з більш примітивних типів. Прикладом може бути інерційний навігаційний пристрій, який складається з гіроскопів, акселерометрів, магнітометрів. За допомогою цього сенсора системи здатні визначати своє положення в тривимірному просторі. Потенціал використання такої техніки всередині модальностей дозволяє комбінувати різні види датчиків у різній кількості, що дозволяє створювати адаптовані та масштабовані рішення для конкретних завдань сприйняття. Також, існує можливість взаємодії між різними сенсорними модальностями, базуючись на такій практиці, що у свою чергу сприяє глибшому розумінню та взаємодії з навколишнім світом. [32]

У ієрархічній моделі модальності зможуть відповідати лише за примітивну обробку. Вони прямо пов'язані з сенсорними пристроями та відповідають за первинне сприйняття. Такі системи зазвичай діють на основі вбудованих рефлексів або простих навчальних алгоритмів, що робить їх реалізацію відносно прямолінійною і менш залежною від складних досліджень та розробок. Коли як аmodalності збагачують сприйняття контекстом, змістом і розумінням. Вони вимагають досліджень у взаємодії між різними паралельними діями та взаємодії з іншими когнітивними процесами, такими як пам'ять та увага. Сприйняття об'єкта без знання про його існування у пам'яті виглядає як знайомство з новим.

Висновок

Когнітивна наука є багатопрофільною галуззю. Вона базується на інших дисциплінах, таких як когнітивна психологія, нейрофізіологія, філософія, штучний інтелект. Така наука буде ними надихатися, буде розвивати їхні ідеї незалежно від самих дисциплін. Це дозволяє полегшити завдання, оскільки ми можемо посилатися та отримувати інформацію з інших дисциплін, будуючи свої концепти, перетинаючи ідеї з раніше не поєднаних дисциплін. При цьому такий підхід вимагає високої експертизи у суміжних дисциплінах, що підвищує складність досліджень у когнітивних науках.

Поставлене завдання сприйняття є актуальним сьогодні у контексті робототехніки. Таке завдання тісно пов'язане з іншими подібними завданнями робототехніки, наприклад, адаптивною робототехнікою або навігаційними завданнями. Когнітивні системи, засновані на людині, можуть спробувати вирішити їх. Дослідження рішення подібних завдань є актуальними у контексті концепту Індустрія 5.0.

Когнітивне сприйняття, яке використовує модальності та аmodalності, здатне розширити підхід до проектування робототехніки. Таке сприйняття є високого рівня порівняно зі звичайними підходами. Когнітивне сприйняття дозволяє підвищити точність отримання інформації, підвищити надійність системи. Сприйняття є незамінним компонентом когнітивної системи, яке надає інформацію високого рівня іншим компонентам, у яких свої обов'язки у когнітивній системі. У завданні сприйняття існує проблема об'єднання та обробки інформації з двох паралельних модальностей, що має бути вивчено у подальших дослідженнях.

Також важливо підкреслити, що раціональний вибір роботизованої системи не завжди зводиться до мінімізації енергетичних витрат, а до оптимізації функції корисності, яка може включати багато параметрів, таких як час, безпека, вивчення нового та задоволення короткострокових і довгострокових цілей. Принцип мінімуму енергії може призвести до такого стану, що система відмовлятиметься щось виконувати на користь мінімізації витрат.

Питання етичності та соціального характеру, пов'язані з інтеграцією когнітивних систем у повсякденне життя та виробниче середовище, не були торкнуті, хоча з кожним днем вони стають все актуальнішими, і в подальших дослідженнях вони обов'язково вимагають уваги.

Саме дослідження потребує спрощення, оскільки когнітивна наука є складною через метакогнітивні процеси. Людині важко пізнавати власні процеси. Деякі з них є трансцендентними - непізнаними для розуміння. При цьому, на сьогоднішній день, наука просунулась у цьому напрямку і існує достатня кількість теорій, моделей, які дозволяють проводити дискусії та дослідження з даної тематики.

Було представлено загальну схему сприйняття, засновану на ієрархічній висхідній моделі когнітивної системи. За результатами отриманої схеми організації сприйняття як модуля у когнітивній системі, необхідно звернути увагу на завдання об'єднання модальностей (багаточуттєвості) та завдання досвіду у когнітивній системі.

Список використаної літератури

1. D. P. F. Möller, H. Vakilzadian and R. E. Haas, "From Industry 4.0 towards Industry 5.0," 2022 IEEE International Conference on Electro Information Technology (eIT), Mankato, MN, USA, 2022, pp. 61-68, doi: 10.1109/eIT53891.2022.9813831.
2. Kadir Alpaslan Demir, Gözde Döven, Bülent Sezen, Industry 5.0 and Human-Robot Co-working, *Procedia Computer Science*, Volume 158, 2019, Pages 688–695, ISSN 1877–0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.104>.
3. Industry 4.0: an overview. Conference Paper (PDF Available) · July 2018 with 7,147 Reads, available at: https://www.researchgate.net/publication/326352993_Industry_40_an_overview
4. The industry 4.0 Standards Landscape from a Semantic Integration Perspective. Conference Paper (PDF Available) September 2017 with 4,699 Reads DOI: 10.1109/ETFA.2017.8247584 Conference: Conference: 2017 IEEE 22nd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), At Limassol, Cyprus, available: <https://www.researchgate.net/publication/318208930>

[The Industry 40 Standards Landscape from a Semantic Integration Perspective](#)

5. Adel Amr. Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. *Journal of Cloud Computing* volume 11, Article number: 40 (2022), available at: <https://journalofcloudcomputing.springeropen.com/articles/10.1186/s13677-022-00314-5>

6. Saadati, Z., Barenji, R.V. (2023). Toward Industry 5.0: Cognitive Cyber-Physical System. In: Azizi, A., Barenji, R.V. (eds) *Industry 4.0. Emerging Trends in Mechatronics*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2012-7_12

7. Pizoń, J.; Gola, A. Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions. *Machines* **2023**, *11*, 203. <https://doi.org/10.3390/machines11020203>

8. Guest, O., & Martin, A. E. (2021). How Computational Modeling Can Force Theory Building in Psychological Science. *Perspectives on Psychological Science*, *16*(4), 789-802. <https://doi.org/10.1177/1745691620970585>

9. Kotseruba, I., Tsotsos, J.K. 40 years of cognitive architectures: core cognitive abilities and practical applications. *Artif Intell Rev* *53*, 17–94 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10462-018-9646-y>

10. D. Peebles, R.P. Cooper, Thirty years after Marr's vision: Levels of analysis in cognitive science. *Top. Cogn. Sci.* *7*(2), 187–190 (2015)

11. van Bree, Sander, A Critical Perspective on Neural Mechanisms in Cognitive Neuroscience: Towards Unification, *Perspectives on Psychological Science*, 17456916231191744, 10.1177/17456916231191744, <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/17456916231191744>

12. Donghee Shin, The effects of explainability and causability on perception, trust, and acceptance: Implications for explainable AI, *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 146, 2021, 102551, ISSN 1071–5819, <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102551>.

13. Premebida C, Ambrus R, Marton ZC. Intelligent Robotic Perception Systems [Internet]. *Applications of Mobile Robots*. IntechOpen; 2019. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.79742>

14. J. Droogleever Fortuyn, On the neurology of perception, *Clinical Neurology and Neurosurgery*, Volume 81, Issue 2, 1979, Pages 97–107, ISSN

0303–8467, [https://doi.org/10.1016/S0303-8467\(79\)80019-0](https://doi.org/10.1016/S0303-8467(79)80019-0).

15. BonJour, Laurence (2007): "Epistemological Problems of Perception." Stanford Encyclopedia of Philosophy accessed 1.9.2010. Available at: <https://plato.stanford.edu/entries/perception-episprob/>

16. Cahen A and Tacca MC (2013) Linking perception and cognition. *Front. Psychol.* 4:144. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00144

17. What Is Gestalt Psychology? Theory, Principles, & Examples. Available at: <https://www.simplypsychology.org/what-is-gestalt-psychology.html>

18. Wagemans, J., Feldman, J., Gepshtein, S., Kimchi, R., Pomerantz, J. R., van der Helm, P. A., & van Leeuwen, C. (2012). A century of Gestalt psychology in visual perception: II. Conceptual and theoretical foundations. *Psychological Bulletin*, 138(6), 1218–1252. <https://doi.org/10.1037/a0029334>

19. Wang Pei, Hahm Christian, Hammer Patrick, A Model of Unified Perception and Cognition, *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 5, 2022, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2022.806403>, doi: 10.3389/frai.2022.806403, ISSN 2624–8212.

20. Neumann, P. G. (1977). Visual prototype formation with discontinuous representation of dimensions of variability. *Memory & Cognition*, 5(2), 187-197.

21. Michael Posner. Perceived Distance and the Classification of Distorted Patterns. January 1967 *Journal of Experimental Psychology* 73(1):28-38. DOI:10.1037/h0024135

22. Solso, R. L., & McCarthy, J. E. (1981). Prototype formation of faces: A case of pseudo-memory. *British Journal of Psychology*, 72(4), 499–503. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1981.tb01779.x>

23. Perfecto, H., Donnelly, K., & Critcher, C. R. (2019). Volume Estimation Through Mental Simulation. *Psychological Science*, 30(1), 80-91. <https://doi.org/10.1177/0956797618813319>

24. Movement perception. Available at: <https://www.britannica.com/science/movement-perception>

25. Nolfi S (2022) Progress and challenges in adaptive robotics. *Front. Robot. AI* 9:1020462. doi: 10.3389/frobt.2022.1020462

26. Simon Bultmann, Jan Quenzel, Sven Behnke, Real-time multi-modal semantic fusion on unmanned aerial vehicles with label propagation for cross-domain adaptation, *Robotics and Autonomous Systems*, Volume 159, 2023, 104286, ISSN 0921–8890, <https://doi.org/10.1016/j.robot.2022.104286>

27. Rice, Chapel Reid, Spencer Thomas McDonald, Yang Shi, Hao Gan, Won Suk Lee, Yang Chen, and Zhenbo Wang. 2022. "Perception, Path Planning, and Flight Control for a Drone-Enabled Autonomous Pollination System" *Robotics* 11, no. 6: 144. <https://doi.org/10.3390/robotics11060144>

28. Juan Sandino, Fernando Vanegas Alvarez, Luis Felipe Gonzalez, Frederic D. Maire. Autonomous UAV Navigation for Active Perception of Targets in Uncertain and Cluttered Environments. March 2020. Conference: 2020 IEEE Aerospace Conference. At: Big Sky, Montana, US. DOI:10.1109/AERO47225.2020.9172808

29. Fu D, Weber C, Yang G, Kerzel M, Nan W, Barros P, Wu H, Liu X and Wermter S (2020) What Can Computational Models Learn From Human Selective Attention? A Review From an Audiovisual Unimodal and Crossmodal Perspective. *Front. Integr. Neurosci.* 14:10. doi: 10.3389/fnint.2020.00010

30. AI: Intelligent Agents. Available at: <https://web.pdx.edu/~arhodes/ai5.pdf>

31. Kaup, Barbara & Ulrich, Rolf & Bausenhardt, Karin & Bryce, Donna & Butz, Martin & Dignath, David & Dudschig, Carolin & Franz, Volker & Friedrich, Claudia & Gawrilow, Caterina & Heller, Juergen & Huff, Markus & Hütter, Mandy & Janczyk, Markus & Leuthold, Hartmut & Mallot, Hanspeter & Nuerk, Hans-Christoph & Ramscar, Michael & Said, Nadia & Wong, Hong. (2022). Modal and Amodal Cognition: An Overarching Principle in Various Domains of Psychology. 10.31234/osf.io/fz85n.

32. Sensor fusion on Matlab. Available at: <https://www.mathworks.com/help/fusion/getting-started-with-tracking-and-sensor-fusion-toolbox.html>

THE PERCEPTION OF ELEMENTS OF THE COGNITIVE SYSTEM IN ROBOTICS

I.S. Afanasiev, V.S. Sytnikov
Odesa Polytechnic National University

Abstract. *An analysis of robotic systems within the scope of cognitive science has been conducted. A high-level perception scheme of a robotic cognitive system based on an ascending hierarchical model has been proposed. Perception in various disciplines has been examined to enhance the research of multidisciplinary Cognitive Science. Tasks for cognitive perception regarding adaptability, experience, and multisensory integration in intelligent systems have been defined and set forth.*

Keywords: *Robotic systems, cognitive systems, perception, adaptability, environment*

Отримано 15.10.2023



Афанасьєв Іван Сергійович, Національний університет «Одеська політехніка», аспірант кафедри комп'ютерних систем. Просп. Шевченка, 1, Одеса, Україна, E-mail: nekaktotak2@gmail.com тел. +38-066-415-40-34

Ivan Afanasiev, Odesa Polytechnic National University, applicant of the Computer Systems department, Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-3207-574X



Ситніков Валерій Степанович, Національний університет «Одеська політехніка», завідувач кафедри комп'ютерних систем, д.т.н., проф. Просп. Шевченка, 1, Одеса, Україна, E-mail: sitnikov@op.edu.ua, тел. +38-067-456-7165

Valerii Sytnikov, Odesa Polytechnic National University, Computer System Department Head, Dr. Eng. Sci., Prof., Shevchenko ave., 1, Odessa, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-3229-5096