

УДК 004.89

А.О. МОРОЗОВ*, В.Ф. ГРЕЧАНІНОВ*

**ЕВОЛЮЦІЙНИЙ РОЗВИТОК ТА МАЙБУТНЄ ТЕХНОЛОГІЙ
СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ**

*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, м. Київ, Україна

Анотація. У статті розглянуто еволюцію методів і технологій роботи щодо прийняття рішень посадовими особами в умовах використання ними можливостей ситуаційного управління в режимах: «індивідуальному», «інформаційної верстки», «інтелектуальних систем»; впровадження штучного інтелекту (ШІ). Розглянуті проблеми та недоліки різних моделей управління. Розкриті вимоги до інтелектуалізації електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Показано, що впровадження хмарних технологій та аналітики великих даних ще більше розширили операційні можливості систем ситуаційного управління. Ключові тенденції, включаючи інтеграцію машинного навчання і ШІ, впровадження передових сенсорних технологій і розробки мережевих комунікаційних систем для безперебійного обміну інформацією в мережі ситуаційних центрів, розширили операційні можливості систем ситуаційного управління. Доведена необхідність впровадження ШІ, який буде ставати одним з основних напрямів розвитку систем підтримки прийняття рішень. Також розглянуто можливість та обґрунтовано необхідність використання агентів ШІ в системах ситуаційного управління. Агент ШІ — це інтелектуальна система, призначена для сприйняття навколишнього середовища, прийняття рішень та виконання дій із наміром досягти певної мети. Агенти ШІ являють собою зміну парадигми традиційних розрахунків. Це не просто інструменти, які ми використовуємо, а інтелектуальні партнери, що можуть навчатися, адаптуватися та вирішувати проблеми разом із нами. Концепція агентів ШІ не нова, але новітні технологічні досягнення перетворили їх із теоретичних конструкцій у могутні практичні інструкції. Описана перетворююча технологія будівельних блоків агентів ШІ та великої мовної моделі дає змогу розуміти, як вони служать «мозком» для агентів штучного інтелекту.

Ключові слова: інформаційні технології, ситуаційне управління, штучний інтелект, агенти штучного інтелекту, ситуаційні центри, велика мовна модель.

Abstract. The article considers the evolution of methods and technologies of decision-making by officials in the context of their use of situational management capabilities in the «individual», «information layout», «intelligent systems» modes, and implementation of artificial intelligence (AI). The problems and disadvantages of different management models are considered. The requirements for the intellectualization of computers are defined. It is shown that the introduction of cloud technologies and analytics of extensive data have further expanded the operational capabilities of situational management systems. Key trends, including the integration of machine learning and AI, the introduction of advanced sensor technologies, and the development of network communication systems for the uninterrupted exchange of information in the network of situational centers, have expanded the operational capabilities of situational management systems. The need for the introduction of AI, which will become one of the main directions in the development of decision support systems, is proven. The possibility and necessity of using AI agents in situational management systems is also considered and substantiated. An AI agent is an intelligent system designed to perceive the environment, make decisions, and perform actions with the intention of achieving a specific goal. AI agents represent a paradigm shift in traditional computing. They are not just tools we use, but intelligent partners that can learn, adapt, and solve problems with us. The concept of AI agents is not new,

but recent technological advances have transformed them from theoretical constructs into powerful practical instructions. The described transformative technology in the building blocks of AI agents and the large language model allow us to understand how they serve as the «brain» of AI agents.

Keywords: information technology, situational management, artificial intelligence, artificial intelligence agents, situational centers, large language model.

DOI: 10.34121/1028-9763-2025-1-3-11

1. Вступ

Ми були свідками швидкого розвитку інформаційних технологій (ІТ) у другій половині ХХ століття. На початку ХХІ століття бачимо стрімкий стрибок новаторства та досягнень у цій галузі. Головним двигуном такої ситуації є те, що інформатизація суспільства в наш час стала вкрай важливою та необхідною. В сучасному житті інформаційне поле діяльності людини має визначальне місце та значення. У 80-ті роки минулого століття почалась робота над створенням нових систем управління, здатних вирішувати багато завдань.

В управлінні на державному рівні, а також на галузевому, на рівні корпорацій та навіть окремих великих підприємств, де в умовах невизначеності у разі прийняття недостатньо правильного рішення воно призведе до значних ризиків, а, можливо, й великих втрат, з'явилась необхідність у створенні та використанні нових інформаційно-аналітичних структур, щоб зменшити ці ризики та покращити якість прийняття рішень. Зробити це дозволяють технології ситуаційного управління (СУ), які використовуються у ситуаційних центрах (СЦ). Прийняття рішень у СЦ можуть відбуватися як у спокійних умовах повсякденної діяльності, так і в умовах різко обмеженого часу, як, наприклад, під час повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну 24 лютого 2022 року (рис. 1).

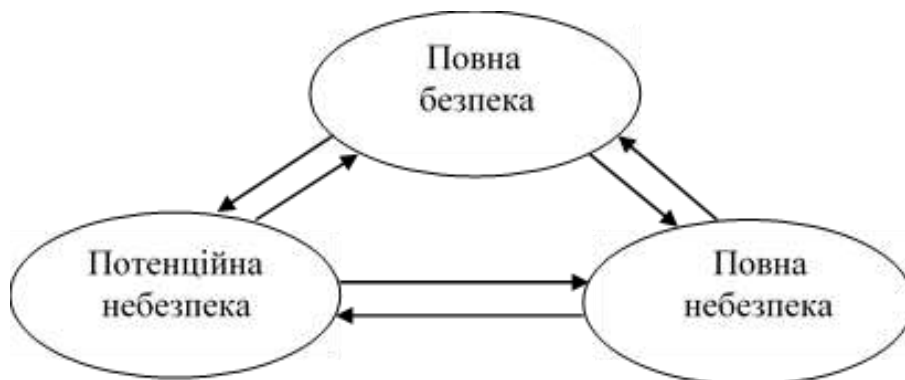


Рисунок 1 — Стани безпеки держави і можливі їх переходи

Мета статті — розкрити еволюцію та необхідність удосконалення технологій прийняття рішень особами, що є на те уповноваженими (ОПР — особи, приймаючі рішення), в умовах використання ними можливостей СУ.

2. Еволюція методів та технологій роботи ситуаційного управління

На початку впровадження технологій СУ використовувалися системи, в яких особа, що приймала рішення, співпрацювала з машинною (експертною) системою. Це були змішані людино-машинні чи інтерактивні системи. Вони були направлені на об'єднання можливостей людського інтелекту та машинних можливостей. Ефективність рішень залежала від оптимального розподілу функцій між людиною і машиною. Основною проблемою створення такої системи була (і є) **складність створення бази даних**.

Головне призначення СЦ — підготовка і прийняття рішення групою експертів. Рішення базується на основі формалізованих знань, що знаходяться в базі даних СЦ та неформалізованих знань, якими володіють експерти.

Для роботи в такому режимі необхідна дещо інша база знань. Її створення достатньо складне [1]. На жаль, теорії і методології формування колективної бази знань в умовах роботи групи осіб, що приймають рішення, довго не було.

Процес прийняття рішення містить п'ять основних фаз:

- зняття та переробка інформації у форму, придатну для аналізу;
- аналіз;
- вироблення робочих варіантів рішення;
- прогнозування розвитку подій на основі вироблених варіантів рішень;
- вибір оптимального варіанта рішення та управління.

У 1993-му році було сформульовано новий метод технології роботи щодо прийняття рішень у колективному режимі. Цей метод отримав назву «інформаційної верстки» [2]. Отже, в СЦ інтегруються нові інформаційні технології, що дозволяють використовувати колективні прийняття рішень та прогнозувати використання їхніх результатів. У тому числі з використанням відповідного моделювання. Під технологією колективного формування рішень в умовах функціонування СЦ мається на увазі послідовність людино-машинних процедур взаємодії між особами, що приймають участь у процесі колективного обговорення варіантів прийняття рішень та програмно-технічним комплексом СЦ.

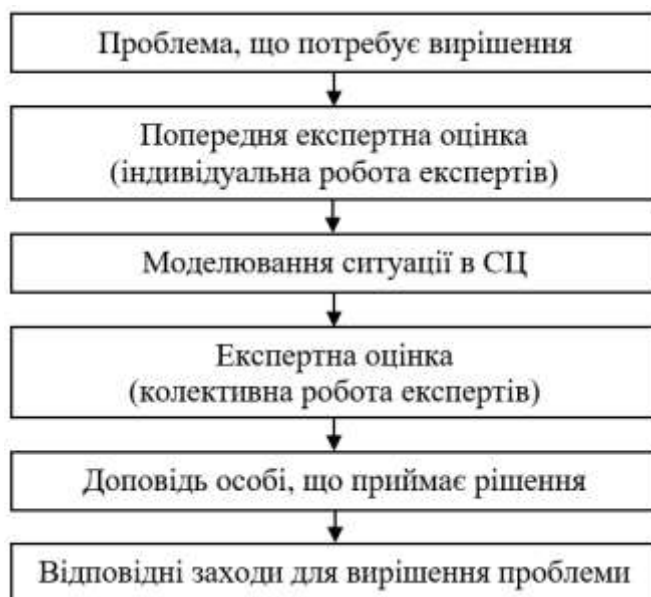


Рисунок 2 — Алгоритм дій при колективному обговоренні та виробленні варіантів рішень

На даний час характерним для СЦ є саме колективний принцип роботи (рис. 2). Тож у СЦ є не тільки база знань і даних, що необхідні для вироблення рішень, а є ще й база даних щодо необхідних експертів. Для відбору спеціалістів-експертів до відповідної бази даних визначаються певні вимоги та критерії. Це дає змогу покращити ситуаційну обізнаність особами та надає підстави точно сприймати, усвідомлювати та передбачати розвиток обстановки. Така ситуаційна обізнаність слугує основою для підтримки прийняття рішень.

Останні розробки з впровадження хмарних технологій і аналітики великих даних ще більше розширили операційні можливості систем СУ. Ключові тенденції, включаючи інтеграцію машинного навчання і штуч-

ного інтелекту (ШІ), впровадження передових сенсорних технологій і розробку мережевих комунікаційних систем для безперебійного обміну інформацією в мережі СЦ, розширили операційні можливості систем СУ. Ці досягнення підвищують здатність кращого аналізу даних та забезпечують більш ефективне управління в складних і різноманітних обставинах [3].

Ще коло 15-ти років назад вважалося, що використання електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) із традиційною архітектурою для вирішення завдань ШІ виявлялося неефективним. На розрахунки залишалося лише близько десяти відсотків ресурсів ШІ. У зв'язку з цим поставало питання створення ЕОМ з новою, нетрадиційною архітектурою, що дозволяло б розпізнавати та обробляти символічну інформацію, виконувати аналіз і класифікацію,

робити логічні висновки та інші операції, характерні для ШІ, так само ефективно, як і розрахункові операції. Інтелектуальна ЕОМ повинна мати здібність до навчання і самонавчання та функції, що притаманні мисленню людини.

Запобігаючи вперед, бачимо, що інформаційні технології готові до трансформаційних змін, спричинених швидким науковим та технічним прогресом, які розвиваються та революціонізують. Недоліки традиційних засобів спілкування з ЕОМ і системами прийняття рішень вимагають створення засобів нового покоління, що мають назву «інтелектуальні системи» [4]. Ключовим досягненням у ситуаційній обізнаності, поряд із людьми-експертами, буде інтеграція з ШІ. Прикладом є проєкт МО США «Maven», який спрямований на впровадження ситуаційної обізнаності з ШІ.

Однією з найбільш важливих проблем «інтелектуалізації» ЕОМ є проблема представлення знань. В інтелектуальних системах знання поділяються на:

- знання про стан предметної області (галузі);
- знання про процеси, що відбуваються в предметній галузі.

Нижче наведено модель представлення знань — це спосіб завдання знань для зберігання, зручного доступу та взаємодії з ними, що підходить під задачу інтелектуальної системи (рис. 3).

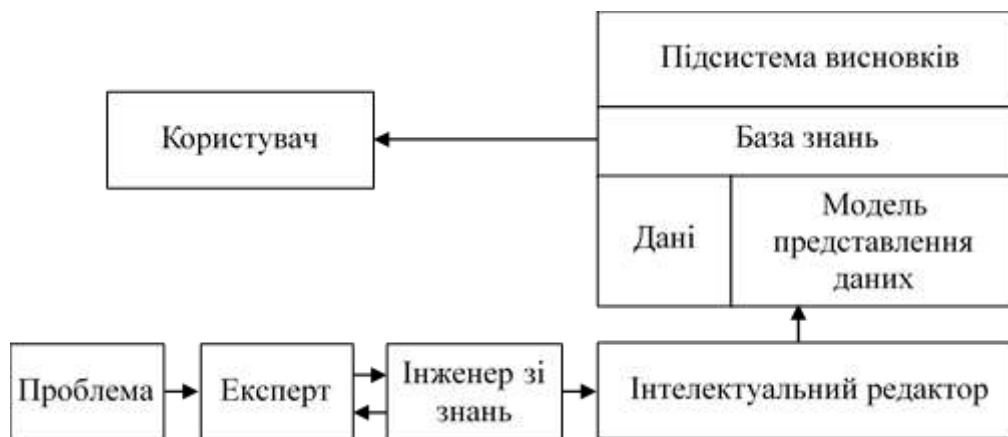


Рисунок 3 — Модель представлення знань

Найбільш загальні методи уявлення знань в експертній системі:

- правила;
- семантичні мережі;
- фрейми;
- нейронні мережі;
- знання у вигляді нечітких правил.

Топовими моделями представлення знань є:

- логічна модель;
- продукційна модель;
- фреймова модель;
- семантична модель.

3. Інформація про агентів ШІ та можливості їх використання в технології СУ

За своєю сутністю агент ШІ — це інтелектуальна система, призначена для сприйняття навколишнього середовища, прийняття рішень та виконання дій із завданням досягнення певної мети. На відміну від традиційного програмного забезпечення, яке керується жорсткими, цілеспрямованими інструкціями, агенти діють більш гнучко та автономно, часто коригуючи свої стратегії з надходженням нової інформації. Агенти ШІ мають такі хороші здібності:

- адаптуватися до мінливих умов;
- навчатися на досвіді та взаємодії;
- самостійно приймати рішення;
- вирішувати складні проблеми з мінімальним залученням людини.

За своєю сутністю агентам III необхідний спосіб розуміти контекст, інтерпретувати запити та генерувати послідовні відповіді. Традиційно для цього вимагались складні правила або велике навчання в конкретній області. Однак велика мовна модель (large language model — LLM) змінила правила гри, надавши універсальний та міцний рівень розуміння мови, яка може адаптуватися до різних завдань із мінімальним налаштуванням. Є можливість інтегрувати в архітектуру агента III ступінь магістра (наприклад, права), це надасть:

- покращення розуміння мови: власники ступеня магістра зможуть інтерпретувати людську мову, обробляти складні запити і неоднозначні користувацькі дані значно краще, ніж системи, ґрунтовані на правилах;
- персоналізація взаємодії: завдяки контекстній об'єднаності і пам'яті агент може адаптувати відповіді до індивідуальних потреб споживачів, відображати специфічні знання тощо;
- підвищення надійності: оскільки LLM вивчають великі і різноманітні набори даних, вони краще підготовлені до обробки прикордонних випадків і неочікуваних запитів, що зменшує необхідність у постійних ручних оновленнях [5].

Як працює інтеграція:

- 1) сприйняття через мову;
- 2) міркування та планування;
- 3) цикл дій і зворотного зв'язку (рис. 4).

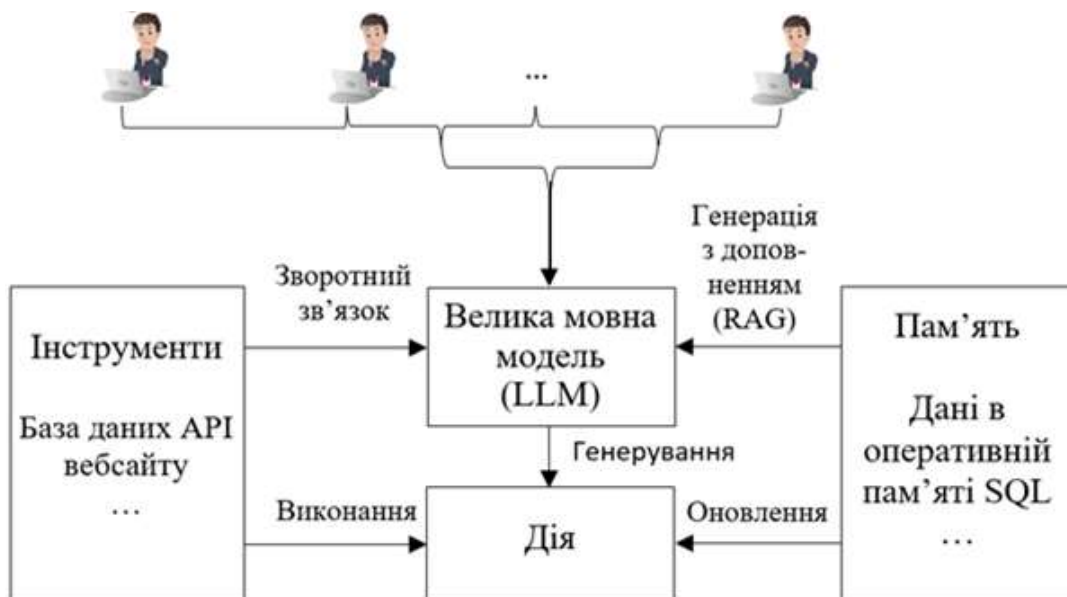


Рисунок 4 — Схема: огляд агента III на основі LLM

Концепція агентів III не нова, але новітні технологічні досягнення перетворили їх із теоретичних конструкцій у могутні практичні інструкції:

1. На початкових стадіях: прості системи на основі правил, які можуть виконувати базові зумовлені завдання.
2. Ера машинного навчання: агенти здатні вивчати закономірності та з часом підвищувати продуктивність.
3. Поточний стан: передові контекстно-залежні системи, здатні до складних міркувань і вирішення міждомених проблем.

Чому агенти ШІ такі потужні?

1. Постійна адаптація: агенти ШІ можуть навчатися на нових даних та досвіді, удосконалюючи свої стратегії протягом часу.

2. Контекстне розуміння: використовуючи просунуті моделі, такі як LLM та інші базові моделі, агенти ШІ розвивають більш глибоке «розуміння» контексту. Вони інтерпретують нюансовані сигнали, приймаючи більш обґрунтовані рішення, що відображають поточні умови.

3. Автоматизація завдань у масштабі: від обробки вхідної інформації до управління цілими процесами агенти ШІ можуть із легкістю масштабувати свої операції. Після налаштування можливо розгорнути стільки агентів, скільки необхідно, забезпечуючи при цьому ефективність та оперативність дій.

4. Прийняття стратегічних рішень: повз прямування зумовленим правилам, агенти ШІ можуть іти на компроміси, прогнозувати результати та розставляти пріоритети дій.

Отже, агенти ШІ являють собою зміну парадигми традиційних розрахунків. Це не просто інструменти, які ми використовуємо, а інтелектуальні партнери, що можуть навчатися, адаптуватися та вирішувати проблеми разом із нами.

Для використання цих інтелектуальних систем необхідно зробити таке:

1. Попередньо навчити агента ШІ: надати свій варіант виконання завдання, дані і сценарій, щоб адаптувати можливості ШІ до наших конкретних потреб.

2. Налаштувати робочі процеси: погодити агента ШІ з нашими існуючими інструментами і процесами. Налаштувати безшовну інтеграцію з системами, календарями, одночасно визначаючи дії, оповіщення та протоколи ескалації, які відповідають нашим вимогам.

3. Розгорнути операції та управляти ними: запустити агента ШІ для автономного управління операціями. Відстежувати його діяльність із допомогою певних показників у реальному часі, оцінювати результати і удосконалювати процеси для досягнення оптимальних наслідків.

Розглянемо роботу деяких будівельних блоків.

Як же насправді працюють ці агенти? За своєю сутністю більшість агентів ШІ розділяють п'ять фундаментальних будівельних блоків:

1. Сприйняття — це здібність збирати інформацію. Вона може містити обробку текстових запитів, аналіз та інтерпретацію зображень і навіть читання структурованих таблиць даних. Чому це важливо: чим ефективніше агент може сприймати, тим багатіше контекст, який він може зрозуміти. З більш сильним сприйняттям агенти можуть краще адаптуватися до змін і точно реагувати на зміну умов.

2. Роздум — це аналіз та осмислення отриманої інформації. Він містить у собі інтерпретацію контекста, зважування різних варіантів та формування логічних висновків. Це важливо тому, що розсуд лежить в основі інтелекту агента. Він гарантує, що агент не просто сліпо реагує, а оцінює сценарії для прийняття обґрунтованих рішень. Розширений роздум достатньо часто містить використання великих мовних моделей або інших структур ШІ для розуміння нюансів конкретної ситуації.

3. Пам'ять — це спосіб агента зберігати релевантну інформацію впродовж часу. Це може містити як короткостроковий контекст, так і довгострокові знання. Чому це важливо, тому що пам'ять надає агенту відчуття безперервності. Замість того, щоб розглядати кожну взаємодію як ізольовану, агент може спиратися на попередній досвід.

4. Планування — це коли агент вирішує, які кроки необхідно зробити для досягнення своєї мети. Він може розкласти складні завдання на більш прості кроки, розставити їх в оптимальному порядку і передбачити потенційні перешкоди. Чому це важливо, тому що планування гарантує, що агент не просто реагує на один запит за раз, але й активно прокладає шлях до довгострокової мети. Це має вирішальне значення для таких завдань, як ситуаційне управління або інший сценарій, де виконані зараз дії мають наслідки в майбутньому.

5. Дія — це фактичне виконання рішень агента. Наприклад, виконання операції на системному рівні. Чому це важливо, тому що дія завершає цикл і дозволяє агенту забезпечувати реальні результати.

Як описані будівельні блоки працюють разом

Сприйняття забезпечує агента даними. Пам'ять зберігає та відтворює корисну інформацію як недавню, так і з далекого минулого. Роздум використовує ці дані і контекст для формування плану. Планування визначає кроки, необхідні для досягнення мети агента. Дії виконуються на цих етапах, створюючи вимірювану цінність (рис. 5).

Розуміючи кожен компонент та їх взаємодію між собою, ми отримуємо більш чітке уявлення про те, що дозволяє агентам ІІІ не просто функціонувати, а процвітати, перемагати у складних умовах.

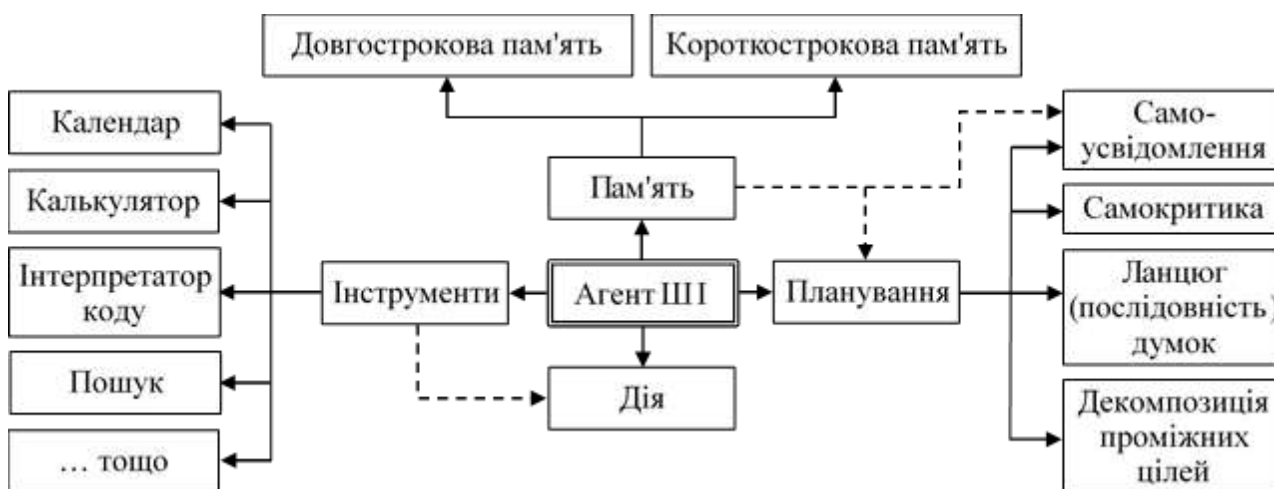


Рисунок 5 — Технічна архітектура агента ІІІ

Технічна архітектура складається з чотирьох ключових компонентів:

- 1) ядро агента;
- 2) модуль пам'яті;
- 3) інструменти;
- 4) модуль планування.

Кожен компонент посилює інший. Краще сприйняття приводить до кращих роздумів. Більш наповнена пам'ять покращує планування. А ефективні дії надають нові дані, які повертають у цикли сприйняття і роздуму. Коли ці елементи працюють в гармонії, ми отримуємо агента ІІІ, який являє собою значно більше, ніж просто суму своїх частин — автономну, контекстно-залежну систему, здатну видавати значні результати.

Де ж практично можуть використовуватися агенти ІІІ вже сьогодні?

Приклади використання агентів ІІІ:

- 1) агенти по розробці програмного забезпечення;
- 2) телефонні агенти на базі ІІІ;
- 3) дослідницькі агенти тощо.

Отже, в різних галузях, а саме: ситуаційному управлінні, фінансових послугах, нерухомості тощо агентів ІІІ будуть використовувати для оптимізації операцій, покращення ефективності та досягнення кращих результатів.

Чотири основні показники ефективності агента ІІІ:

- 1) системні метрики;
- 2) виконання завдань;
- 3) контроль якості;

4) взаємодія з інструментами.

Важливість виклику функцій

Ключовим механізмом, що робить LLM ще більш потужним AI Agents, являється виклик функцій. Це дозволяє LLM достатньо легко інтегруватися з зовнішніми інструментами API:

1. Структурований висновок: замість повернення просто тексту в вільній формі LLM можуть відповідати структурованими викликами функцій, наприклад, об'єктом JSON, що має параметри.

2. Динамічна поведінка: за допомогою виклику функцій агент ШІ може динамічно вирішувати, які функції або API використовувати на основі запитів користувача. Наприклад, якщо користувач запитує про сьогоднішню погоду, LLM може автоматично викликати відповідний API погоди, отримати нові дані та вставити їх у свою відповідь.

3. Безпечне та контрольоване виконання: визначаючи, які функції доступні агенту, ви контролюєте, які дії може запустити LLM. Це створює ізольоване середовище, в якому можливості LLM направляються і обмежуються.

В області виклику інструментів з'явилося багато інновацій, які відкривають можливості по-справжньому автоматичних дій ШІ, у тому числі і для технологічних процесів інформаційно-аналітичної направленості.

Описана вище перетворююча технологія будівельних блоків AI Agents та LLM дає нам змогу розуміти, як вони служать мозком для агентів ШІ.

Інтеграція виклику функції агента ШІ на основі LLM перетворює його з пасивного респондента в активного розв'язувача проблем, що виконує завдання і добуває та отримує інформацію за запитом.

Збільшуються вимоги до захисту даних, їх реальності та звітності. Відповідальне розгортання агентів означає впровадження вимог відповідності.

Значне збільшення числа агентів ШІ для одночасного використання — це технологічна еволюція.

Автономні багатоагентні системи (рис. 6): в них агенти ШІ будуть співпрацювати як взаємопов'язані мережі, разом вирішувати складні проблеми не тільки в системах ситуаційного управління, а і в таких, як управління децентралізованими системами, управління роями дронів або оптимізація ланцюжків поставок тощо.

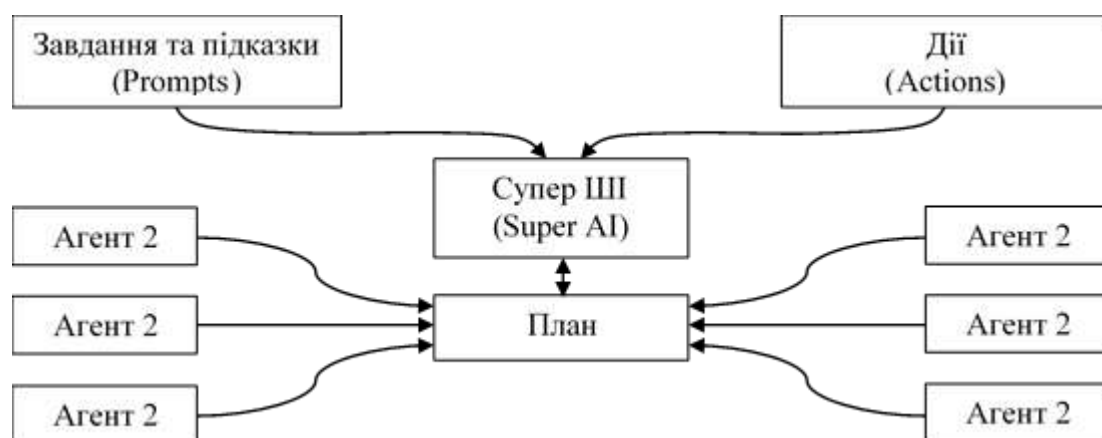


Рисунок 6 – Схема багатоагентної співпраці

4. Висновки

У статті розглянуто еволюційний розвиток ситуаційного управління, в тому числі використання агентів ШІ й можливість при необхідній навченості використовувати їх як експертів у системах ситуаційного управління. Використання ШІ дає можливість створення різних

сценаріїв технологічних процесів для підтримки прийняття рішень у СЦ. Використання агентів ІІІ у ситуаційному управлінні — це революційна та достатньо близька перспектива.

Впровадження ІІІ буде ставати одним із основних напрямів розвитку систем підтримки прийняття рішень. Із метою покращення ІІІ необхідно створювати відповідні бази знань. Нові технології, що можуть зберігати і обробляти певні знання, надають можливість будувати унікальні інтелектуальні системи.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Морозов А.О., Ященко В.А. Ситуаційні центри. Інформаційні технології майбутнього. Київ: СП «Інтертехнодрук», 2008. 332 с.
2. Енциклопедія Кібернетики. Київ: Головна редакція УРЕ, 1974. Т. 1. 640 с.
3. Росберг С. Уважний мозок. *Відкриті системи*. 1997. № 4. С. 29–33.
4. Морозов А.О. Системи прийняття рішень: Проблеми та перспективи. *УСiМ*. 1995. № 16. С. 13–21.
5. Serrano L. *Grokking Machine Learning*. Simon and Schuster, 2021. 350 p.

Стаття надійшла до редакції 17.02.2025