**1. Створити проект (наповнення на власний розсуд) в GanttPro (як в інструменті планування ресурсами підприємства - ERP). Виконати побудову для керування роботами та завданнями від встановленої дати. Загальний термін - від 4 тижнів. Завдання тривалістю не більше 1 тижня. Кожний підрозділ має встигнути виконати/не виконати від 4 завдань. Структура діаграми Ганта може бути каскадною. Можна вибрати схожий продукт для роботи - важлива наявність спільної роботи користувачів.**

**Лекція 6. Застосування агентів в ІБС.**

*Плескач В.Л. , Рогушина Ю.В. Агентні технології. – К.: КНТЕУ, 2005. – 344 с.*

На сьогодні багатоагентні системи є одним з актуальних напрямків досліджень та розробок в області інформаційних технологій та штучного інтелекту. *Мультиагентна система* складається з декількох взаємодіючих програмних компонентів – агентів, які здатні співпрацювати між собою для вирішення проблем, що не залежать від можливостей будь-якого окремого агента. Мультиагентні системи мають широке застосування в сферах контролю промислового процесу, електронної комерції, управління ресурсами, диспетчеризації, біотехнології та медицини, робототехніки, багатоагентної соціології та ін.

**Програмні агенти** (ПА) – парадигма програмування, яка дозволяє перейти на більш інтелектуальний рівень взаємодії користувача з програмним і апаратним забезпеченням. Сприяє підвищенню ефективності праці та дозволяє користувачам доручити ІС виконання досить складних завдань. Необхідні інтелектуальні, інтерактивні та автономні програмні системи, які здатні до співпраці з користувачем для вирішення його задач. ПА – програмні сутності, здатні діяти автономно та цілеспрямовано у динамічному середовищі для того, щоб виконати завдання користувачів.

Розподілене керування даними та обчислювальними процесами в умовах глобальних та корпоративних мереж спонукало до створення нової концепції середовища функціонування ПЗ як середовища взаємодії мультиагентних систем (МАС), кооперації і конкуренції інтелектуальних агентів.

У [**штучному інтелекті**](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%96%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82), під терміном **інтелектуальний агент** розуміють розумні сутності, що спостерігають за навколишнім середовищем і діють у ньому, при цьому їхня поведінка раціональна в тому розумінні, що вони здатні до розуміння і їхні дії завжди спрямовані на досягнення якої-небудь мети. Такий агент може бути роботом, вбудованою програмною системою.

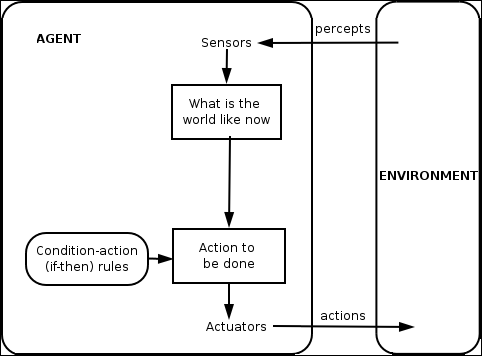


Рис. 1. Звичайний агент

І**нтелектуальний агент** - [програма](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0), що самостійно виконує завдання, указане користувачем [комп'ютера](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80), протягом тривалих проміжків часу. Інтелектуальні агенти часто використовують для сприяння операторові або для збирання інформації. Одним із прикладів завдань, виконуваних агентами, може служити завдання постійного пошуку й збору необхідної [інформації](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%8F) в [Інтернеті](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B5%D1%82). [Комп’ютерні віруси](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%27%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D1%96%D1%80%D1%83%D1%81), [боти](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82_(%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0)), [пошукові роботи](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%88%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82) — усе це також часто можна віднести до інтелектуальних агентів. Хоча такі агенти мають строгий алгоритм, «інтелектуальність» у цьому контексті розуміється як здатність пристосовуватися й навчатися.

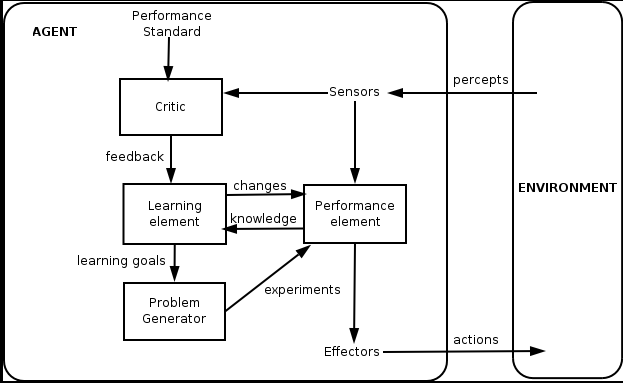


Рис. 2. Інтелектуальний агент

*Агент* – насамперед, комп'ютерна програма. З цього випливають такі властивості, як коректність, повнота, ефективність, надійність. Агент виконує певні функції людини, надаючи користувачу потрібні йому послуги.

Існують *різні визначення ПА* залежно від їх призначення та акцентування певних технічних властивостей. П.Маєс визначає автономні ПА як комп’ютерні системи, що існують у складному динамічному середовищі, сприймають зміни у ньому та діють автономно, реалізуючи набір цілей або задач, для виконання яких вони створені. Б.Хайєс-Рот визначає, що інтелектуальні ПА виконують 3 функції:

 сприйняття динамічних умов середовища;

 дії у відповідь на такі умови;

 міркування для інтерпретації сприйняття, рішення проблеми та визначення реакції.

Можна визначити ПА як автономну фізичну або віртуальну обчислювальну одиницю, що базується на:

 власних ресурсах – знаннях та вміннях;

 засобах сприйняття середовища (сенсорах) та впливу на це середовище (ефекторах);

 моделі середовища, заснованої на знаннях про нього.

ПА забезпечують наступні функціональні можливості:

 вирішення задач або досягнення певних цілей на основі наявних ресурсів та навичок;

 вибір рішення між альтернативами та виконання цього рішення у певному середовищі;

 спрямована взаємодія з іншими агентами та середовищем, у якому функціонує ПА.

За визначенням FIPA (Federation of Intelligent Physical Agents), агент – об’єкт, що знаходиться в певному середовищі, від якого він отримує дані про події в цьому середовищі, інтерпретує їх і виконує команди, що впливають на середовище. Такий агент може містити як програмні, так і апаратні компоненти. FIPA –міжнародна організація створена (1996) з метою впровадження агентної парадигми для розробки практичних застосувань.

Можна визначати ПА через множину його атрибутів. ПА – термін, що дозволяє об'єднати множину більш специфічних і обмежених типів агентів, які мають деякі з таких атрибутів:

 реактивність (reactivity) – зміна своєї поведінки залежно від конкретної ситуації;

 автономність (autonomy) – самостійне виконання розпоряджень користувача без детальних інструкцій;

 співробітництво (collaborative behavior) – здатність працювати разом з іншими агентами для досягнення спільної мети;

 спілкування на рівні знань (“knowledge level” communication ability) – спроможність спілкуватися з людьми й іншими агентами мовою, близькою до природної;

 здатність до логічного виведення (inferential capability) – обробка абстрактного опису задачі з використанням апріорних знань про цілі і найбільш придатні методи їх досягнення, спроможність будувати моделі власної сутності, свого користувача, ситуацій та інших агентів;

безперервність у часі (temporal continuity)–стійкість ідентифікації і положення протягом тривалого часу;

 персоналізація (personality) – наявність персоналізованих значень атрибутів власної поведінки;

 адаптивність (adaptivity) – навчання й удосконалення на основі власного досвіду;

 мобільність (mobility) – здатність самостійно переходити з однієї платформи на іншу.

 правдивість – припущення, що агент не буде свідомо поширювати помилкову інформацію;

 лояльність – намагання робити те, що потрібно іншим агентам;

 раціональність – виконання тільки тих дій, які приводять до досягнення цілей.

*Програмні агенти* - інтерактивні та автономні програмні системи, здатні до співпраці з користувачем для вирішення його задач. *Агент* - комп'ютерна програма (звідки випливають такі властивості, як коректність, повнота, ефективність, надійність). Агент виконує певні функції людини, надаючи користувачу потрібні йому послуги. Вимога неперервності й автономії викликана потребою в тому, щоб агент був здатний гнучко реагувати на зміни середовища без постійного втручання користувача. Крім того, агент, який працює в середовищі з іншими агентами і процесами, має бути здатним спілкуватися з ними.

Термін "агентно орієнтоване програмування" (АОП) був запропонований для опису набору дій, необхідних для створення ПА - програмних сутностей, що функціонують безперервно й автономно у певному оточенні, у багатьох випадках - разом з іншими процесами та агентами. Можна розглядати агентний підхід як метафору проектування та моделювання розподілених систем.

**Класифікація ПА за призначенням:**

 інтерфейсні агенти;

 Інтранет-агенти;

 Інтернет-агенти;

 гетерогенні агенти.

Інтерфейсні агенти можна розглядати як персональні асистенти, які допомагають користувачу працювати з різними програмними засобами. Такі агенти спостерігають за діями користувача та намагаються запропонувати йому дії, які мають спростити його роботу. Вони здатні адаптуватися до індивідуальних особливостей та потреб конкретного користувача. Інтерфейсні ПА здатні до самонавчання, що приводить до ефективнішого виконання ними своїх функцій. Для самонавчання агенти використовують:

 спостереження за поведінкою користувача;

 отримання позитивних або негативних оцінок від користувача (зворотний зв’язок);

 безпосереднє отримання інструкцій від користувача;

 консультації з іншими агентами.

Представниками цієї групи агентів є такі системи, як Verbal Software Robots.

Інтернет-агенти є найбільш численними представниками інтелектуальних ПА. Вони виникли як засіб обробки та транспортування інформаційних ресурсів Інтернету. На відміну від інтерфейсних агентів вони здатні не тільки створювати персоніфікований профіль користувача, але й відповідно класифікувати інформаційні ресурси.

**Інформаційний ресурс (ІР)** – будь-яка інформація, що має цінність у певній предметній області (ПрО) та може використовуватися людиною (явно або через ПЗ) для досягнення певної мети. Переважна більшість ІР зараз може розглядатися як документи, проте існують й інші види ІР .

*Інтернет-агентів* можна поділити на дві основні групи: *статичні та мобільні.* Статичні ПА звичайно вбудовані у браузер. Приміром, такі агенти можуть сортувати електронну пошту, повідомляти користувача про події та повідомлення, які, за наявними в агента відомостями, можуть його зацікавити. Мобільні Інтернет-агенти менш поширені. Прикладом такого агента є Jasper. Цей агент здатний не тільки знаходити інформацію, цікаву для його користувача, але й повідомляти про неї інших агентів.

Робота *Інтранет-агентів* схожа на роботу Інтернет-агентів, проте має власну специфіку. Характерні задачі, завдяки яким Інтранет-агентів виділяють у окрему групу, такі:

 автоматизація бізнес-процесів підприємства;

 виконання послуг для користувачів, пов’язаних з використанням інформації з бази даних підприємства.

*Гетерогенні агенти* інтегрують функції двох або більше агентів, які належать до різних типів.

На відміну від класичних систем ШІ агенти *не тільки пропонують рішення проблеми, але й реально діють*. Сукупність причин, через які ПА виконує певні дії, називають **мотивацією**. Для досягнення своїх цілей ПА конструює план дій, які мають призвести до виконання поставленого перед ним завдання. ПА можна характеризувати в термінах алгебри поведінки, що є неперервною алгеброю з наближенням і двома діями: недетермінованим вибором і приєднанням префікса. Оточення - агенти, які підтримують функцію вставки, що включає поведінку агента та оточення як аргументи функції і повертає як значення нову поведінку оточення.

Зараз визначилися два різних, проте пов'язаних один з одним *підходи до визначення агента.* Відповідно до першого підходу агент визначається головним чином своїми діями і не може бути цілком охарактеризований набором своїх атрибутів. У другому підході агент визначається атрибутами, які йому властиві. Агент – це об’єкт, що сприймає середовище за допомогою сенсорів і діє в ньому за допомогою ефекторів. ПА функціонують у багатовимірному просторі. Вони складаються з кількох шарів:

 комунікації;

 координації;

 організації;

 визначення;

 інтерфейсу API.

*Шар комунікацій* розглядає низькорівневі деталі взаємодії між ПА. На *координаційному шарі* подаються соціальні властивості ПА, технології координації та переговорів. На *організаційному шарі* ПА визначається через відношення з іншими ПА, через ролі, які він виконує у взаємодії з цими агентами. На *шарі визначення* ПА визначається як автономна раціональна сутність, тобто в термінах механізмів міркування та навчання, цілей, ресурсів, здібностей, переконань тощо. Шар *програмного інтерфейсу API* пов’язує ПА з його фізичною реалізацією.

В обчислювальному середовищі кожний агент має свій життєвий цикл і власне ім'я. За допомогою використання доменів призначення агентів відбувається їх адміністрування.

Позначення імені агента забезпечує спосіб ідентифікації агента серед доменів інших груп агентів. Розробка програмних агентів вимагає застосування стандартизованих профілів агентів і методології розробки агентів для кожного з конкретних застосувань.

Профіль платформи агента – це кортеж <пароль, значення>, що описує послуги і властивості платформи. Онтологія керування агента визначає словник і семантику опису можливості платформи агента. Атрибути ПА включають назву платформи агента, адресу, призначення сервісів агента, інформацію про підтримку в мережі, ступінь пріоритетів сервісів і їх застосування.

З *погляду користувача*, основна перевага використання агентів полягає в спрощенні взаємодії з програмою – користувачу досить поставити загальну задачу перед агентом, не вдаючись у подробиці того, як саме агент має її вирішувати. Якщо агент має можливості для рішення цієї задачі, він вирішує її сам, а інакше запитує необхідні йому послуги в інших агентів.

Агент – це програмний об’єкт, який:

 забезпечує виконання однієї або кількох корисних послуг;

 надає опис семантики цих послуг іншим ПА;

 здатний функціонувати автономно без безпосередніх вказівок користувача;

 може інтерактивно взаємодіяти з іншими ПА та користувачами.

Функціональний зв'язок між агентом, середовищем, у якому цей агент функціонує, та його програмним кодом можна подати в такий спосіб: А=f(X), де

 А – агент;  f – програма (функція);  X – середовище.

Найпростіше визначення агента ґрунтується на моделі чорного ящика, що знаходиться у певному середовищі. Агент описується як функція f, що обробляє інформацію від сенсорів і вхідні повідомлення. Результат роботи агента – дії і вихідні повідомлення. Цей узагальнений підхід відповідає як біологічним, так і інтенсіональним моделям агентів. Розходження між моделями полягають у способі визначення f.

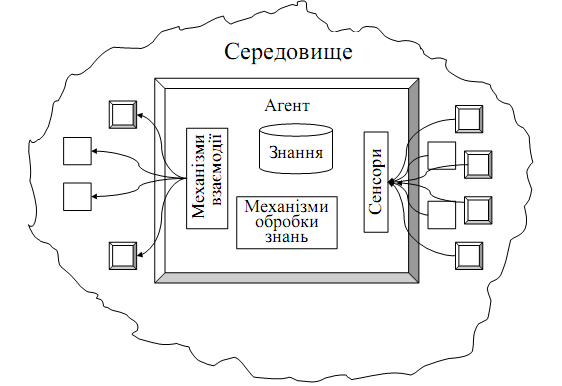
Однією з основних характеристик агента є комунікабельність – здатність до гнучкого спілкування як з агентами, так і з іншими програмними компонентами. Унаслідок цього агенти відіграють важливу роль у досягненні інтероперабельності ПЗ, створеного незалежними розробниками в різний час. Агентифікація дозволяє поширити цю властивість на довільне ПЗ. Агентифікація – перетворення довільного програмного забезпечення в ПА, приміром, у формі надбудови агентної оболонки над фрагментами програмного коду, яка забезпечує інтероперабельність цього коду.

За визначенням FIPA **агент** - об'єкт, що знаходиться в певному середовищі, від якого він отримує дані про події в цьому середовищі, інтерпретує їх і виконує команди, що впливають на середовище. Такий агент може містити як програмні, так і апаратні компоненти.

Агентна платформа відповідно до специфікації FIPA має таку архітектуру:

* Directory Facilitator (DF) - додатковий, не обов'язковий компонент, що забезпечує довідкову інформацію іншим ПА. Тут агенти можуть реєструвати свої послуги або здійснювати запити, щоб довідатися про пропоновані послуги інших агентів;
* Agent Management System (AMS) - обов'язковий компонент агентної платформи, де має реєструватися ПА;
* Message Transport System (MTS) - метод комунікації між ПА на різних агентних платформах;
* Agent Platform (АР) - фізична інфраструктура, у якій функціонують агенти. АР складається з комп'ютера, операційної системи, програмного забезпечення для підтримки ПА, компонентів управління FIPA-агентами - DF, AMS і MTS.

Підкласом ПА є інтелектуальні агенти (ІА).



Загальна концептуальна схема інтелектуального ПА

**Прийнято розрізняти вузьке ("сильне") і широке ("слабке") визначення терміну "інтелектуальний агент".**

*ІА у широкому розумінні* – це ІС, що має такі ключові ознаки:

 автономність (autonomy) – функціонування значною мірою незалежно від втручання людини і контроль власних дій та внутрішнього стану;

 соціальність (social ability) – інтелектуальна та конструктивна взаємодія з іншими агентами та людьми шляхом обміну з ними повідомленнями деякою загальнозрозумілою мовою комунікацій;

 реактивність (reactivity) – сприйняття зміни середовища і вчасне реагування на них;

 проактивність (pro-activity) – здатність агента генерувати цілі і діяти раціонально для їх досягнення, а не тільки реагувати на зовнішні події.

Зазвичай, поведінка людини прогнозується і аналізується через такі атрибути відношень, як переконання, бажання, надії, побоювання тощо, які називаються інтенсіональними поняттями.

*Більш строге ("сильне") розуміння терміну "інтелектуальний агент*" вимагає наявності в агента ментальних властивостей (інтенсіональних відношень), до яких належать:

 знання (knowledge) – стала частина інформації агента про себе, середовище й інших агентів, що не змінюється в процесі його функціонування;

 переконання (beliefs) – знання агента, які можуть змінюватися в процесі його функціонування і ставати хибними, про поточний стан світу і про зміни в ньому, до яких має привести виконання дій агента;

 бажання (desires) – ставлення агента до майбутніх станів світу та переваги, які він надає одним з них порівняно з іншими (агент може мати несумісні та недосяжні бажання і тому не очікує, що усі вони мають бути досягнуті);

 наміри (intentions) – підмножина цілей, які може досягти обмежений у ресурсах агент, і засіб їх досягнення;

 цілі (goals) – несуперечлива підмножина бажань, досягнення яких агент прийняв як поточну стратегію поведінки;

 зобов'язання (commitments) стосовно інших агентів – завдання, що агент виконує за дорученням інших агентів у рамках кооперації та співробітництва.

*Перші два поняття* – переконання та знання – *називають “точкою зору” (attitudes) агента*, інші характеризують в англомовній літературі загальним терміном “pro-attitude”, сутність яких полягає у тому, що вони спрямовують дії та поведінку агента.

*Інтенсіональні відношення поділяються на* інформаційні (переконання та знання) і перед-відношення (бажання та емоції , намір, зобов'язання, цілі тощо). Перші стосуються інформації, що має агент про світ, у якому він існує, тоді як передвідношення – це відомості, які певним чином впливають на дії агента.

Перед- і інформаційні відношення тісно пов'язані, оскільки агенти можуть, наприклад, формувати наміри на основі наявної в них інформації про світ.

Іноді вважають, що інтелектуальному агенту мають бути притаманні такі властивості:

 мобільність (mobility) – здатність переміщуватися телекомунікаційними мережами (локальними або глобальними) для досягнення своїх цілей;

 доброзичливість (benevolence) – готовність агентів допомагати іншим агентам та виконувати доручення користувача;

 правдивість (veracity) – властивість не повідомляти іншим агентам та користувачу інформацію, про помилковість якої йому відомо;

 раціональність (rationality) – здатність виконувати саме ті дії, що приводять до досягнення його цілей у рамках наявних у агента знань і переконань.

***Інтелектуальність ПА*** *визначається* його спроможністю міркувати і навчатися, наявністю моделі користувача, його потреб і механізму пошуку засобів їх задоволення.

Вирізняють такі ознаки інтелектуальності агентів :

 автономне виконання своїх функцій;

 взаємодія з іншими агентами і користувачами;

 здатність стежити за оточенням;

 використання абстракції;

 застосування знання ПрО;

 адаптивність поведінки;

 навчання на власному досвіді;

 толерантність до помилок у вхідних сигналах;

 здатність працювати в реальному часі;

 спілкування природною мовою.

Використання агентів сприяє розвитку принципово нових інформаційних технологій. Для ПА характерні властивості:

 здатність самостійно приймати рішення незалежно від користувачів;

 спроможність ініціювати дії інших агентів.

Модель ПА містить модель ПрО, модель користувача, засоби сприйняття (сенсори), засоби виконання дій (ефектори), цілі і планувальник дій на підставі цілей, моделі інших агентів і засоби взаємодії з ними.

*Модель ПрО*, в якій функціонує ПА, відображає структуру та ієрархію об’єктів (наприклад, у вигляді онтології), на які спрямовані дії агентів та які впливають на способи досягнення його цілей. ПА має явно задану символьну модель світу, у якій рішення (наприклад, вибір дії) приймаються через логічні (або щонайменше псевдологічні) міркування, що базуються на відповідності між зразками та символьними маніпуляціями. Це приводить до двох проблем: як за час, упродовж якого інформація ще буде актуальною, адекватно описати реальний світ символами та як агентам обробити цю інформацію.

*Модель користувача* призначена для того, щоб ПА правильно інтерпретував завдання користувача та сповіщав про отримані результати у зручній та зрозумілій формі. У процесі роботи агент може поповнювати модель користувача, накопичуючи досвід взаємодії з конкретним користувачем (класом користувачів) для підвищення ефективності своєї роботи. *Засоби сприйняття та засоби виконання дій* ПА залежать від функцій, які агент має виконувати. *Цілі агента* визначають його дії відповідно до принципу раціональності: агент виконує тільки ті дії, які за наявною в нього інформацією та правилами її обробки приведуть до виконання хоча б однієї з його цілей. *Планувальник дій* агента визначає його дії та їх послідовність. *Моделі інших агентів* потрібні ПА для того, щоб успішно взаємодіяти з цими агентами і обмінюватися з ними інформацією в процесі досягнення спільних цілей.

***Таксономії програмних агентів***

Для опису агентів більш ефективним способом, порівняно з аналізом усіх можливих комбінацій атрибутів, є різні схеми і таксономії. Напр., Гілберт описує ПА в термінах тривимірного простору через дії, інтелект та мобільність (рис.).

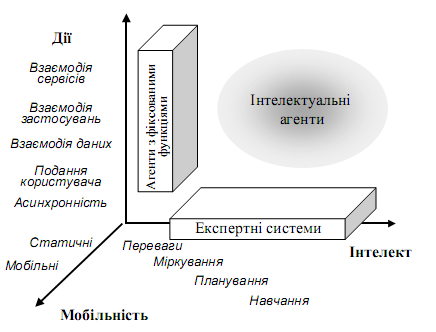


Рис. Класифікація агентів Гілбертом у термінах тривимірного простору дій, інтелекту та мобільності

*Дія* – рівень автономності і повноважень агента, що може оцінюватися через природу взаємодії між агентом і іншими сутностями в системі. Агент має бути асинхронним. Його ступінь дії підвищується, якщо агент має певне уявлення про користувача. Більш розвинутий агент може взаємодіяти з даними, застосуваннями й іншими агентами.

*Інтелект* – рівень поведінки, пов'язаний з міркуваннями і навчанням. Здатність агента сприймати твердження користувача щодо цілей і виконувати його завдання пов'язана саме з цією якістю.

Як мінімум, агент має вміти визначати пріоритет тверджень. Вищий рівень інтелекту потребує моделі користувача і здатність до міркувань. Ще більш інтелектуальними є системи, здатні навчатися за власним досвідом для того, щоб адаптуватися до свого середовища.

Мобільність – рівень самостійності агента при його переміщеннях мережею. Мобільні сценарії можуть формуватися на одній машині і надсилати запит для виконання на інший вузол мережі. Мобільні об'єкти переміщаються між вузлами під час виконання, переносячи накопичені ними дані.

Нвана пропонує іншу типологію агентів, обравши такі параметри класифікації:

 мобільність,  реактивність,  первинні атрибути (автономність, співробітництво, навчання)

На основі цих характеристик він розрізняє 4 типи ПА:

 співробітництва (collaborative);

 навчання і співробітництва (collaborative learning);

 інтерфейсу (interface);

 розумні (smart).

Додавши до цього опису такі характеристики, як роль, гібридні підходи, що поєднують кілька підходів в одному ПА, та вторинні атрибути (часова безперервність, вірогідність тощо), Нвана визначає ПА 7-ми категорій:

 співробітництва;

 інтерфейсу;

 мобільні;

 інформаційні;

 реагуючі;

 гібридні;

 розумні.

Таксономія агентів, яку пропонують Франклін та Грассер, дозволяє описати більшість відомих прикладів ПА. Ця таксономія поділяє агентів за структурами керування, середовищем функціонування (приміром, БД, файлова система, мережа Internet), за мовою, якою вони написані, за застосуванням (рис.).

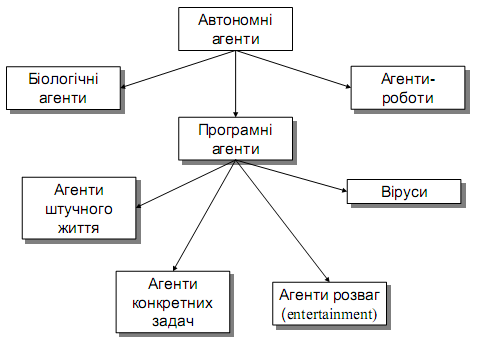


Рис. 7. Таксономія агентів Франкліна та Грассера

**2. Архітектури агентів**

Основні принципи побудови та функціонування ПА *називають їх архітектурою*. Залежно від того, які принципи визначають дії агентів, архітектури поділяються на ***деліберативні*** (агенти обирають план дії на основі логічного виведення з наявних в них знань) та ***реактивні*** (дії агентів визначаються як реакція на події у зовнішньому середовищі).

Зазвичай застосовують різноманітні комбінації цих архітектур, які називають **гібридними**. Крім того, деякі дослідники виділяють в окремі класи архітектури з певними спільними рисами (приміром, інтерактивні архітектури, архітектури з планувальником дій, архітектури інтелектуальних агентів, інтенсіональні архітектури).

Архітектура ПА відображає внутрішню організацію та взаємодію між основними компонентами (рис.).

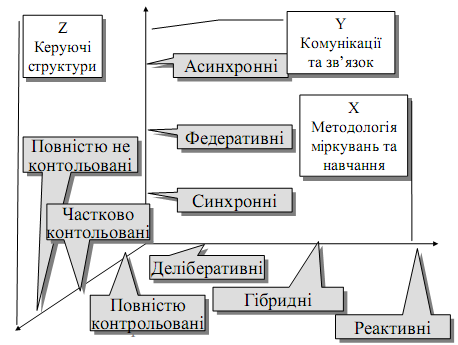


Рис. Таксономія архітектур мобільних агентів

*Деліберативна архітектура* ПА містить символьну модель світу, подану у явній формі, за допомогою якої ПА на основі міркувань логічного чи псевдологічного типу приймає рішення про дії, які він здійснює. Такий агент може розглядатися як спеціальний випадок системи, заснованої на знаннях. Використання деліберативної архітектури ПА приводить до *принципових проблем*:

 обсяг символьної інформації, яку зберігає ПА, пропорційний розміру внутрішнього стану, тому його збільшення призводить до зниження мобільності ПА;

 символьне подання інформації про середовище, на основі якої міркують ПА, має формуватися у режимі реального часу, щоб знайдені агентами рішення були корисними;

 перетворення сценаріїв реального світу на точне та адекватне символьне визначення є нетривіальною задачею.

*Реактивні архітектури* не використовують централізовану символьну модель світу та не застосовують складні символьні міркування. Така архітектура оперує на низькому рівні абстракції.

Невеликий час очікування відповіді забезпечує ефективну взаємодію між агентами з такою архітектурою один з одним та з середовищем. Недолік архітектури – неможливість глибокого аналізу даних від сенсорів. Реактивна архітектура забезпечує прийняття рішень за меншим обсягом інформації про оточуюче середовище та за менший час, використовуючи прості емпіричні правила, специфічні для певної ПрО.

Здатний міркувати ПА має явно подану символьну модель світу, у якій рішення (наприклад, яку дію виконувати) продукуються через логічні (або, щонайменше, псевдологічні) міркування, засновані на відповідності зразків і символьних маніпуляцій. Щоб побудувати такого агента, потрібно вирішити проблеми:

 *трансдукції*: як перевести реальний світ в коректний адекватний символічний опис за час, протягом якого опис ще буде корисним;

 *подання/міркування*: як у символьному вигляді подати інформацію про сутності і процеси реального світу, і як ПА можуть міркувати над цією інформацією за час, протягом якого результати будуть корисними.

Труднощі з доказом теорем і зі складністю алгоритмів маніпуляції символами існують навіть у досить простих логіках. Алгоритми маніпуляції символами вимагають великих ресурсів.

Приміром, логіка першого порядку не розв'язна, а її модальні розширення (включаючи подання переконань, бажань, часу тощо) також не розв'язні. Тому така ідея не працює на практиці.

Символьна парадигма ШІ ґрунтується на гіпотезі фізичної символьної системи, сформульованої Невелом і Сімоном. Фізична символьна система – множина фізичних сутностей (символів), що можуть комбінуватися, формуючи структури, і здатні виконувати процеси, що впливають на ці символи згідно в символьному вигляді закодованої множини інструкцій. Гіпотеза фізичної символьної системи стверджує, що така система здатна до загальних інтелектуальних дій.

З іншого боку, архітектури агентів класифікують залежно від типу структури функціональних компонентів ПА та методів організації взаємодії між ними. *Як правило, архітектура агента організується у вигляді кількох рівнів*.

Тільки найпростіші ПА можуть бути реалізовані за однорівневою схемою. Рівні відображають функції ПА, такі, як сприйняття зовнішніх подій і прості реакції на них; координація взаємодії з іншими ПА; відновлення переконань про зовнішній світ; визначення своїх дій на черговому кроці тощо. Найчастіше в архітектурі ПА присутні рівні, що відповідають за такі функції:

 сприйняття і виконання дій;

 реактивну поведінку;

 локальне планування;

 кооперативну поведінку;

 моделювання ПрО;

 формування намірів;

 навчання.

**Існує два класи багаторівневих архітектур агентів :**

 горизонтальна модульна;  вертикальна модульна.

**Залежно від моделі подання знань, що використовується, у ПА виділяють:**

 конекційну архітектуру (з використанням нейронної мережі);

 архітектуру, що базується на правилах.

**Залежно від того, які технології ШІ реалізовано в ПА, виділяють архітектуру, що базується, на:**

 генетичних алгоритмах;  знаннях.

*Горизонтальна модульна архітектура* (рис.) є однією з найпоширеніших. У такій архітектурі функції агента подані окремими модулями у загальному вигляді, без специфікації за задачами. Між основними блоками існують функціональні зв’язки. Залежно від організації агента вхідна інформація реєструється у БД агента, використовується для навчання агента або для отримання завдань користувача.

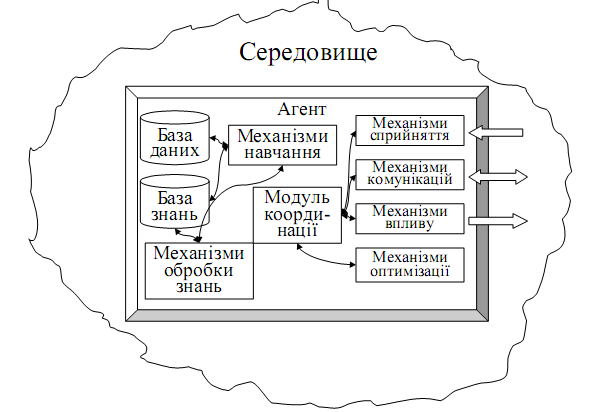


Рис. Горизонтальна модульна архітектура ПА

Така архітектура характерніша для "розмірковуючих" агентів, а не для реагуючих.

Вертикальна модульна архітектура виділяє модулі агента, які відповідають певним аспектам взаємодії ПА з зовнішнім середовищем. Така архітектура характерніша для реагуючих агентів.

Функціональні зв’язки між модулями є ієрархічними. Модулі виконуються паралельно. Якщо два модулі вступають у конфлікт, розглядаються дані, які поступили від домінантного модуля.

*Конекційна архітектура* ПА базується на конекційній моделі подання знань, яка використовує багатошарові (multilayer) нейронні мережі. Сигнал, що виходить з одного нейрона, може бути вхідним для іншого. Нейронні мережі використовуються в архітектурі ПА за такими причинами:

 у простих випадках зв’язки встановлюються безпосередньо;

 нейронна мережа може сама встановлювати зв’язки між нейронами через механізм "back-propagation". Різниця між очікуваними та отриманими результатами впливає на встановлення зв’язків між шарами мережі (зворотний зв’язок);

 зв’язки встановлюються за допомогою генетичних алгоритмів.

*Архітектура, що базується на правилах* (рис.), розглядає ПА як продукційну систему, здатну сприймати середовище та впливати на нього. Сигнали, що поступають від зовнішнього середовища, фіксуються в базі даних ПА. Одночасно з цим працює механізм виведення, який обирає та виконує правила, що відповідають поточному стану БД.

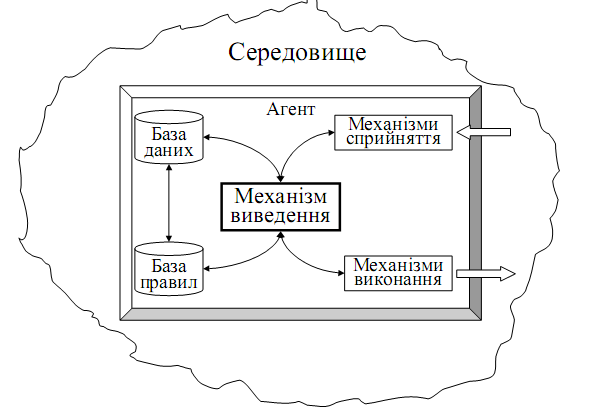
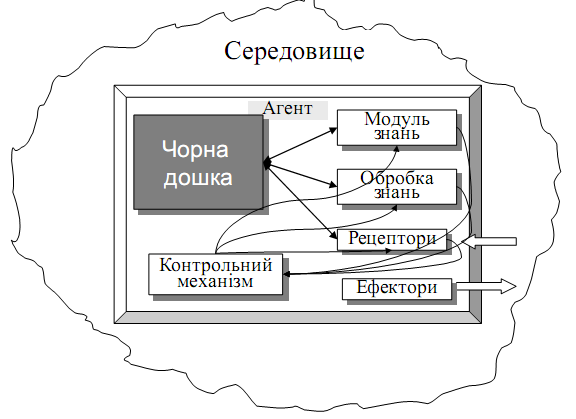


Рис.Архітектура ПА, що базується на правилах

*Архітектура типу "чорна дошка*" застосовує поділ на незалежні модулі знань, які взаємодіють один з одним не безпосередньо, а через розподілені дані (рис.). Модулі працюють у просторі, який називають "чорною дошкою". Він містить елементи, необхідні для вирішення проблем взаємодії. "Чорна дошка" складається з ієрархічно пов’язаних підпросторів: гіпотез, проміжних результатів і різноманітних даних, якими обмінюються модулі. Контрольний механізм керує конфліктами між модулями.

Рис. Архітектура ПА типу "чорна дошка"

*Архітектура на основі генетичного алгоритму* дозволяє агентам успадковувати властивості двох батьків-агентів.

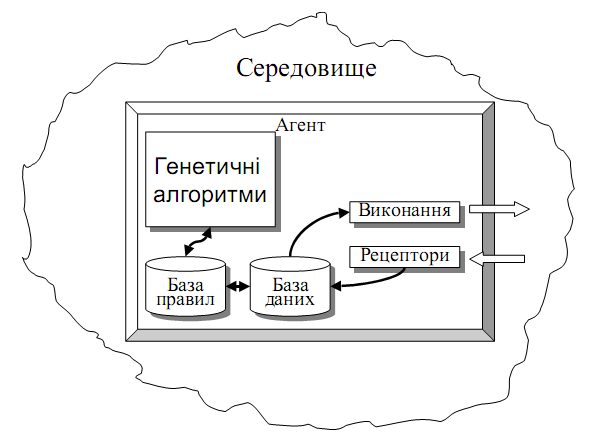


Рис. Архітектура ПА на базі генетичного алгоритму

Основний принцип архітектури полягає в тому, щоб представити ПА як багаторівневу структуру з блоком управління, що використовує загальну базу знань.

Архітектура включає: інтерфейс із зовнішнім світом; модуль, що задає поведінку; модуль планування; модуль кооперації з іншими агентами. Інтерфейс із зовнішнім світом визначає можливості ПА щодо сприйняття подій зовнішнього світу, дій на нього і засобів комунікації. Модуль, який відповідає за поведінку ПА, базується на понятті наперед заготовлених реакцій агента на певні ситуації.

Термін ***мультиагентні системи***використовується для позначення ІС, які складаються з множини автономних модулів ПА і мають властивості:

* кожен ПА є автономним, мобільним та інтероперабельним;
* ПА, що входять до складу МАС, здатні обмінюватися інформацією для досягнення спільних цілей;
* керування ПА може бути децентралізованим;
* джерела даних і доступ до них децентралізовані;
* робота агентів є асинхронною.

**Мультиагентні системи**

Для вивчення поведінки МАС використовують методи таких наукових дисциплін:

 розподілений ШІ (теорія розподілених систем, теорії прийняття рішень), що займається найбільш загальними аспектами колективної поведінки агентів;

 теорія ігор, яка використовується для дослідження ситуацій, аналогічних до кооперативних ігор, стратегій ведення переговорів;

 теорія колективної поведінки автоматів, яка досліджує колективну поведінку великих груп автоматів з примітивними функціями, спроможних навчатися за допомогою системи штрафів і заохочень;

 біологічні, економічні та соціальні моделі.

МАС – співтовариство ПА, які пов’язані один з одним цілями та ресурсами. ПА, що входять до складу МАС, здатні взаємодіяти для того, щоб обмінюватися послугами, які потрібні їм для досягнення цілей, поставлених перед ними користувачами. Aгент, не здатний самостійно вирішити задачу, поставлену перед ним користувачем, звертається до інших агентів, які можуть надати йому відповідні послуги.

МАС поширені в багатьох ПрО: керуванні виробничими процесами і промисловими підприємствами; плануванні рухом транспорту (повітряного, залізничного, автомобільного); аналізі та пошуку інформації; навчанні; бізнесі тощо.

МАС складається з множини ПА, які:

 взаємодіють шляхом комунікацій;

 здатні діяти у певному середовищі;

 мають певні сфери впливу, які можуть перетинатися або співпадати.

Можна розглядати МАС як слабкопов’язану мережу обчислювальних пристроїв, взаємодіючих для вирішення проблеми, що знаходиться поза індивідуальними можливостями або знаннями кожного з цих пристроїв.

Координація – одна з центральних проблем МАС. Наступні фактори визначають потребу в координації МАС:

 запобігання хаосу в децентралізованій МАС;

 наявність глобальних обмежень, яким має задовольняти МАС для успішного виконання завдання;

 розподіленість знань, ресурсів та інформації, які використовують ПА, що входять до складу МАС;

 залежність між цілями та діями ПА;

 забезпечення ефективності функціонування МАС.

Функціонування МАС пов’язане з кооперацією та конкуренцією агентів в процесі колективного вирішення задач. При цьому агенти можуть будувати плани спільних дій, ґрунтуючись не тільки на власних можливостях, але і аналізувати плани і наміри інших ПА (використовуючи різні комбінації інтенсіональних відношень). Кооперативні дії ПА – важлива перевага МАС. При такій організації роботи група ПА проявляє новий, ефективніший тип поведінки.

Мотивація використання МАС базується на їх властивостях:

 здатність вирішувати проблеми, складні для одного централізованого ПА через обмеженість ресурсів;

 можливість взаємодії та інтероперабельності з різноманітними застосунками (ЕС, СППР тощо);

 вирішення дійсно розподілених проблем (приміром, керування рухом транспорту);

 знаходження рішень на основі розподілених ІР;

 вирішення проблем з розподіленою експертизою (приміром, медичний догляд);

 підвищення швидкості та надійності;

 здатність збільшувати кількість обчислювальних пристроїв (процесорів), що використовуються для виконання задачі;

 можливість опрацювання нечітких та неповних даних і знань.

Знання й уміння МАС здобуваються від великої кількості відносно простих ПА, що поєднуються разом деякою архітектурою. В процесі колективної роботи агенти мають будувати плани дій, ґрунтуючись не тільки на своїх можливостях, але й враховуючи плани і наміри інших агентів (на основі своїх знань та переконань щодо цих планів та намірів).

Причини взаємодії ПА:

 наявність сумісних цілей;

 нестача індивідуальних ресурсів ПА для досягнення цілей;

 нездатність ПА самостійно вирішити задачу;

 наявність взаємних зобов'язань.

Перехід до відкритих МАС надає можливість переходу на нову якість функціонування системи в силу того, що система (група агентів) більше, ніж сума властивостей її членів (агентів).

Системи, які складаються з досить простих програм, кожна з яких переслідує тільки свої примітивні цілі, у цілому здатні вирішувати дуже складні задачі. Однак моделювання колективної поведінки приводить до необхідності рішення багатьох проблем:

 формування спільних планів дій;

 врахування інтересів інших агентів;

 синхронізації спільних дій;

 вирішення конфліктів між цілями різних агентів;

 конкуренції за спільні ресурси;

 організації переговорів про спільні дії;

 розпізнавання необхідності кооперації;

 вибір партнерів;

 декомпозиції задач;

 поділу обов'язків тощо.

Багато робіт в сфері ШІ присвячені специфікації протоколів взаємодії між ПА. Дослідження переговорів у МАС засновані на ідеї контрактних мереж. Відповідно до цієї парадигми ПА, який бажає отримати певну послугу, запрошує на переговори інших ПА і вибирає послуги, які найбільше відповідають його потребі. У складніших моделях ПА тільки запитує пропозиції, а інші спеціалізовані агенти оцінюють варіанти відповідей та обирають найкращу.

Інший вид взаємодії між ПА – формування коаліції для спільного виконання своїх намірів.

Існує багато моделей кооперації агентів. Приміром, модель CPS (Cooperative Problem Solving) призначена для встановлення взаємодії між ПА, побудованих на основі BDI-архітектури. Ментальні поняття формалізуються за допомогою операторів темпоральної логіки для визначення таких понять, як потенціал кооперації, групові дії, досяжність мети агента тощо.

Найпростіший метод координації МАС – організаційне структурування – полягає у чітко визначених і довгострокових відношеннях між ПА. При цьому використовують ієрархічні структури master-slave або client-server. Організаційне структурування передбачає, що принаймні один ПА має глобальне уявлення про все співтовариства, однак для багатьох ПрО це не реально.

Цей метод використовується в двох варіантах:

 головний ПА планує і розподіляє завдання між підлеглими ПА, які, на відміну від головного, мають часткову автономність;

 для координації використовується дошка оголошень для обміну інформацією між ПА, операції з якою (зчитування й запис) визначає головний ПА.

Вузьким місцем МАС, які базуються на технології дошки без прямої взаємодії ПА, є збільшення кількості агентів у співтоваристві та необхідність спільного представлення про дошку. Тому більшість систем, заснованих на цій технології, використовують невеликі гомогенні ПА (наприклад, DVMT).

Інший варіант координації – укладення контракту – припускає децентралізовану структуру. ПА мають дві ролі:

 менеджер поділяє задачу на підзадачі і шукає виконавця, щоб виконати їх;

 виконавець реалізує свою підзадачу.

Виконавець може рекурсивно стати менеджером і розбити свою підзадачу на ще дрібніші задачі і доручити їх іншим ПА.

Пошук виконавця складається з таких етапів:

 менеджер повідомляє задачу;

 виконавці оцінюють цю задачу щодо можливості її виконати;

 менеджер отримує таблицю виконавців, оцінює отримані пропозиції, обирає виконавця і доручає йому виконання певної задачі;

 виконавець виконує отриману задачу та повідомляє менеджера про отримані результати.

Така модель координації забезпечує розподіл задачі і засоби для самоорганізації співтовариства агентів. Її доцільно застосовувати у таких ситуаціях:

 задача має чіткий ієрархічний характер;

 задачу можна поділити на великі підзадачі;

 взаємозв'язок між підзадачами – відносно невеликий.

Переваги цього підходу координації полягають у динамічному розподілі задачі завдяки пошуку оптимального виконавця; збалансованому завантаженні ПА і надійному механізмі для розподіленого керування.

Існує два типи планування діяльності МАС:

 централізоване;

 розподілене.

У централізованому плануванні діяльності МАС є координаційний ПА, що отримує індивідуальні плани від інших, аналізує їх, щоб знайти потенційні протиріччя та конфлікти у взаємодії ПА. Потім координаційний ПА намагається змінити ці індивідуальні плани і поєднує їх у план МАС, у якому усунені суперечливі взаємодії та додані команди зв'язку, що синхронізують взаємодію ПА у потенційно можливих конфліктах.

У розподіленому плануванні діяльності МАС кожен ПА отримує моделі планів інших ПА, що входять до складу МАС. ПА взаємодіють, щоб побудувати модифікації своїх індивідуальних планів, які не конфліктують з планами інших ПА. Координація в розподіленому плануванні діяльності МАС набагато складніша, ніж у централізованій випадку, тому що жоден ПА не володіє глобальним уявленням про всю розподілену систему.

Переговори – один з найскладніших методів координації, який використовує методи ШI, логіку тощо. У динамічному співтоваристві агенти самостійно розподіляють роботи між собою. Часто одну і ту ж роботу в співтоваристві можуть виконати кілька ПА. Агенти на момент розподілу робіт знаходяться в різних станах (приміром, мають різний ступінь завантаженості). Для ефективного розподілу робіт між ПА вони мають взаємодіяти один з одним – вести переговори, у процесі яких виявити оптимального виконавця для кожної роботи .

Процес переговорів складається з таких компонентів:

 протоколу переговорів – набору правил, за якими відбувається взаємодія агентів (учасники переговорів, їх типи, стани переговорів, правила, за якими змінюються стани переговорів, можливі дії учасників тощо);

 об’єкта переговорів – діапазону проблем, відносно яких потрібно досягти згоди;

 моделі ухвалення рішення ПА – апарат ухвалення рішення, що використовують учасники відповідно до протоколу переговорів.

У процесі переговорів агент-ініціатор переговорів шукає потенційного агента-виконавця для виконання деякої роботи. З огляду на раціональність агентів розумним було б припустити, що об'єктом переговорів агентів на стадії розподілу робіт є розмір винагороди, яку одержує агент-виконавець за ці роботи.

У процесі формування кооперативного рішення в CPS-моделі виділяють чотири етапи:

1. Визначення потреби у кооперації (приміром, агент має певну мету, але переконаний у тому, що не може досягти самостійно).

2. Створення групи агентів. При успішному завершенні цього етапу створюється група ПА зі спільними зобов'язаннями, пов’язаними з виконанням колективних дій.

3. Формування спільного плану дій. ПА ведуть переговори для формування плану дій, який за їхніми переконаннями має привести до реалізації цілей кожного з них.

4. Спільні дії. Агенти виконують дії відповідно до плану, який вони прийняли на попередньому етапі, виконуючи прийняті на себе зобов'язанням.

Кожний з підходів до координації МАС має певні переваги і недоліки та може застосовуватися тільки для деяких специфічних областей. Універсального методу координації, що ідеально підходить для будь-якої реальної задачі, не існує.

Отже, при побудові МАС, що вирішує реальну задачу, як правило, необхідно використовувати комбінацію описаних вище підходів. При моделюванні діяльності віртуальних і реальних підприємств переважно застосовують організаційне структурування, яке задовільно відображає ієрархічну структуру підприємства. Крім того, це один з найпростіших підходів до координації. Інші методи координації мають серйозні недоліки при вирішенні задач подібного роду: переговори – через складність реалізації; планування МАС придатне лише для специфічних задач, таких, як планування авіарейсів. Укладення контракту при моделюванні віртуальних підприємств не надає переваг порівняно з організаційним структуруванням, тому що мережа контрактів фактично визначена до початку роботи і тому немає необхідності у пошуку виконавця.

Для МАС характерні децентралізованість даних, асинхронність обчислень і наявність засобів комунікації. Впровадження МАС дозволяє в ирішувати проблеми, що є надто складними для окремого ПА або пов'язані з обмеженими ресурсами, та забезпечує збільшення ефективності системи через паралельні обчислення та повторне використання ПА в різних співтовариствах агентів. Для успішного функціонування вони потребують великих обсягів знань, які мають постійно оновлюватися та перевірятися. Це досягається шляхом обміну знаннями між ПА.

Проте використання МАС пов’язане не тільки з перевагами, але й з проблемами :

 формування спільних планів дій;

 врахування інтересів інших агентів;

 синхронізація спільних дій;

 вирішення конфліктуючих цілей;

 наявність конкуренції за спільні ресурси;

 організація переговорів між агентами;

 вибір партнерів для кооперації;

 декомпозиція задач;

 розробка правил колективної поведінки.

Потрібно мати модель середовища, в якому діють ПА.

Фактичний результат дій ПА залежить від комбінації дій усіх ПА.

МАС можуть бути як централізованими, так і децентралізованими. У централізованих МАС, створених для вирішення агентами спільних задач, конфлікти між цілями агентів не виникають (або ж існують централізовані механізми вирішення таких протиріч). Приміром, у інформаційно-пошуковій МАС, що обслуговує групу користувачів, пріоритети користувачів визначають порядок їх обслуговування. Проте такі МАС значно важче адаптувати до нових потреб користувачів або нових завдань.

Основні типи конфліктів у МАС :

 в системі переконань ПА, що можуть виникнути внаслідок отримання від іншого ПА інформації, що є хибною або суперечить його переконанням;

 обумовлені неповнотою моделі середовища і моделей інших ПА;

 внаслідок конкуренції ПА за спільні ресурси або через суперечливість їх цілей.

Вирішення конфлікту – це зняття логічного протиріччя шляхом відкидання однієї або обох альтернатив відповідно до певного критерію. Існує багато різних механізмів вирішення конфліктів: централізовані, імовірнісні, відповідно до певних правил (на основі пріоритетів переконань, рівнів компетентності ПА) тощо.

Значна частина МАС, створених на сьогодні, складається з ПА, які не є повністю автономними (тобто здатними вибирати для себе цілі і вирішувати, яким чином досягати ці цілі та які саме дії виконувати для цього). Набір ПА розробляється цілісно, і проблема взаємодій між агентами вирішується в процесі їхньої розробки. Такі проблеми, як конфлікти або недостатність ресурсів, узагалі не розглядаються. Агенти, що входять до складу такої МАС, мають обмежену автономію: їхня роль у процесі рішення загальної проблеми звичайно заздалегідь визначається розробником системи, але агенти вільні у виборі способів досягнення своїх цілей.

Намагання ПА бути корисними для усіх навіть за рахунок власних інтересів є значним недоліком з точки зору їхньої автономності, тому що вони не враховують при виборі цілі витрачених ними зусиль на виконання потреб інших агентів. Хоча такий підхід надає багато корисних можливостей, він не дозволяє використовувати весь потенціал агентної парадигми. Зараз значна кількість розробників ПЗ використовують більш конструктивний підхід до розробки МАС, у якому центральним об’єктом аналізу є окремі ПА, а не система в цілому. Цей підхід більше відповідає специфіці відкритих і розподілених застосувань.

Характер зв’язків у МАС визначають два основні фактори:

 тип і ступінь взаємодії між ПА. Приміром, ПА, який має відповідні повноваження, може заборонити певні дії інших агентів (агент захисту інформації може відмовити у доступі до БД агентам, які не повідомляють пароль);

 стратегія прийняття рішень різними агентами. У більшості випадків, агенти намагаються максимізувати власну користь, а успіх кожного агента є єдиною мірою загальної оцінки ефективності МАС.

Для опису МАС недостатньо використовувати таку абстракцію, як рівень знань. Потрібний вищий ступінь абстракції – соціальний рівень, на якому розглядаються такі явища, як кооперація, координація, конфлікти і змагання. Саме на цьому рівні описуються структури і механізми, що мають бути присутніми у МАС для забезпечення бажаного типу поведінки. Щоб розглядати МАС на цьому рівні, потрібно визначити наступне:

 систему (сутність, що описується на цьому рівні) – МАС;

 компоненти (примітивні елементи, з яких будується система) –окремі ПА;

 закони композиції (правила, що визначають, як взаємодіють компоненти системи);

 закони поведінки (правила, що визначають, як поведінка системи залежить від поведінки її компонентів);

 проміжний рівень (посередники – елементи системи, призначені для забезпечення необхідної поведінки).

Існує низка інструментів на основі агента для підтримки моделювання та моделювання складних та / або розподілених систем:

1. Netlogo: це мультиагентне програмне середовище моделювання, яке дозволяє моделювати природні та соціальні явища. Це особливо добре підходить для моделювання складних систем з часом. Дійсно, інженери можуть надати інструкції сотням або тисячам "агентів", які працюють незалежно. Це дає змогу вивчити зв'язок між поведінкою мікрорівнів окремих осіб та шаблонами макрорівня, що виникають внаслідок їх взаємодії. Вона поставляється з великою бібліотекою існуючих симуляцій, як спільних, так і традиційних, які можна використовувати та змінювати в різних галузях, таких як суспільствознавство та економіка, біологія та медицина, фізика та хімія, математика та інформатика. У традиційному моделюванні NetLogo, симуляція виконується відповідно до правил, зазначених автором симуляції. Ще однією особливістю NetLogo є HubNet, технологія, яка дозволяє використовувати NetLogo для запуску спільного моделювання. HubNet додає новий вимір до NetLogo, дозволяючи моделювання проводитись не тільки відповідно до правил, але й безпосередньої участі людини.

2. FLAME: це універсальна система моделювання агента, яка може використовуватися для розробки додатків у багатьох областях. Моделі створюються на основі моделі обчислень, що називаються (розширені) кінцеві автомати. Фреймворк може автоматично генерувати програми моделювання, які можуть ефективно запускати моделі на суперкомп’ютерах. Він випускає повні агентно-орієнтовані програми, які можна скомпілювати та виконати на більшості комп'ютерних системах, починаючи від ноутбуків до суперкомп'ютерів. Крім того, FLAME забезпечує модельну бібліотеку, яка є набором відносно простих моделей, що ілюструють використання FLAME у різних програмах.

3. AnyLogіc: це інструмент моделювання, який підтримує всі найпоширеніші методології моделювання на сьогоднішній день: системна динаміка, процес-орієнтована (дискретні події) та агентно-орієнтоване моделювання. Його візуальне середовище суттєво прискорює процес розробки. Він має моделі для таких сфер: логістики виробництва, поставки ланцюгів ринку, конкуренції бізнес-процесів, моделювання охорони здоров'я, моделювання фармацевтичних продуктів, руху пішохідних потоків, інформаційно-телекомунікаційних мереж, моделювання соціальних процесів, керування активами маркетингу, фінансових операцій з моделюванням операцій та оптимізації плану.

4. Repast: Repast Suіte - це сімейство передових, вільних і відкритих джерел агентно-орієнтованого моделювання та моделювання платформ, які спільно розвиваються протягом багатьох років. Repast Sіmphony - це інтерактивна та проста у вивченні основана на Java система моделювання, призначена для використання на робочих станціях та невеликих обчислювальних кластерах. Розширена версія називається Repast for Hіgh Performance Computіng, яка є нерозвиненою та експертно-орієнтованою C++-орієнтованою системою, яка призначена для використання на великих обчислювальних кластерах та суперкомп'ютерах.

5. Jason: Це інтерпретатор для розширеної версії AgentSpeak, який був одним з найбільш впливових абстрактних мов на основі архітектури BDІ. Jason реалізує операційну семантику цієї мови, сильне заперечення, тому доступні і загальноприйняті припущення, і відкритий світ. Анотації з віруваннями використовуються для інформації про мета рівня та анотації на мітках плану. Одним з найвідоміших підходів до розвитку когнітивних агентів є архітектура BDІ (Belіefs-Desіres-Іntents). Це забезпечує можливість запуску мультиагентної системи, розподіленої через мережу.

6. Framstіcks: це тривимірний проект моделювання життя. Моделюються як механічні структури (тіла), так і системи управління (мізки) істот. Можна розробляти різні види експериментів, включаючи просту оптимізацію, коеволюцію, відкриту та спонтанну еволюцію, різні генофонди та популяції, моделювання видів та екосистем. Користувачі цього програмного забезпечення працюють над еволюційними обчисленнями, штучним інтелектом, нейронними мережами, біологією, робототехнікою та моделюванням, когнітивною наукою, нейронаукою, медициною, філософією, віртуальною реальністю, графікою та мистецтвом.

7. Gephі: це інтерактивна платформа візуалізації та розвідки для всіх видів мереж та складних систем, динамічних та (1) ієрархічних графіків. Це дозволяє (2) аналіз досліджуваних даних: інтуїтивно-орієнтований аналіз за допомогою мережевих маніпуляцій в режимі реального часу; Аналіз зв'язку: виявлення основних структур асоціацій між об'єктами, зокрема в мережах без масштабу; (3) Аналіз соціальних мереж: легке створення з'єднувачів соціальних даних для карток громадських організацій та мереж малого масштабу; Аналіз біологічної мережі: представлення моделей біологічних даних; (5) Створення плаката: пропаганда наукової роботи з друкованими картами високої якості. Він працює в основному з метрикою, що стосується центральності, ступеня (силове право), щільності, довжини шляху, діаметра, HІTS, модульності, коефіцієнта кластеризації.

8. Stanford Network Analysіs Platform (SNAP): це загальноприйнята, високопродуктивна система аналізу та маніпулювання великими мережами. Вона легко масштабується до масивних мереж із сотнями мільйонів вузлів і мільярдами мереж. Вона ефективно маніпулює великими графіками, обчислює структурні властивості, генерує регулярні та випадкові графіки та підтримує атрибути на вузлах та краях.

ПОБУДОВА МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ SPADE

SPADE (Smart Python multі-Agent Development Envіronment) - це мультиагентна платформа, заснована на технологіях XMPP/Jabber і написана в мові програмування Python. Ця технологія пропонує безліч функцій і можливостей, що полегшують створення МАС, таких як канал зв'язку, концепції користувачів (агентів) і серверів (платформ) і зручний протокол зв'язку на основі XML, подібний до FIPA-ACL. Існує безліч інших агентських платформ, але SPADE є першим, хто базується на технологіях XMPP.

Платформа SPADE Agent не вимагає (але наполегливо рекомендує) роботу агентів, створених за допомогою бібліотеки агентів SPADE. Сама платформа використовує бібліотеку для розширення можливостей її внутрішніх компонентів, але крім цього є можливість створювати власні агенти на вибраній вами мові програмування та використовувати їх з SPADE. Єдиною вимогою, є те що ці агенти мають підтримувати можливість зв'язку через протокол XMPP. Повідомлення FIPA-ACL будуть введені в повідомлення XMPP. Однак слід попереджати, що деякі функції SPADE можуть бути недоступними, якщо не використовуєте бібліотеку агентів SPADE для створення ваших агентів.

Java Agent Development Framework (рис.), або JADE, є програмним забезпеченням для розробки інтелектуального агента, реалізованого в Java. Також є проміжним програмним забезпеченням, яке полегшує розробку мультиагентних систем відповідно до стандарту FIPA, для чого створюється кілька контейнерів для агентів, кожна з яких може працювати на одній або декількох системах. Система JADE підтримує координацію між декількома агентами FIPA і забезпечує стандартну реалізацію мови спілкування FIPA-ACL, що полегшує комунікації між агентами. JADE був спочатку розроблений компанією Telecom Italia і поширюється як вільне програмне забезпечення під ліцензією GNU Lesser General Publіc Lіcense.

JADE пропонує такі пожливості:

1. Середовище, де виконуються агенти JADE

2. Бібліотеку класів для створення агентів, що використовують наслідування та перевизначення поведінки

3. Графічний набір інструментів для моніторингу та управління платформою інтелектуальних агентів

Основним способом обміну зв’язку між агентами є відправка повідомлень ACLMessage. Повідомлення, що надсилає ACL (Language Communication Agent), є базою зв'язку між агентами. Відправлення повідомлень здійснюється методом відправки класу Agent. У цьому методі передається об'єкт типу ACLMessage, який містить інформацію одержувача, мову, кодування та вміст повідомлення. Ці повідомлення надсилаються асинхронно, тоді як повідомлення отримуються, вони будуть зберігатися в черзі повідомлень.

Основною ідеєю при розробці JADEX був в створенні компромісу між програмуванням агентів на рівні проміжного програмного забезпечення та логічними моделями. Для реалізації цього було вирішено використовувати вже існуючий програмне забезпечення – JADE, яке вже включає в собі комунікаційну інфраструктуру і сервіси керування платформою, такі як управління агентами, розробкою та роботою середовища в відповідності до FІPA.

Дане програмне забезпечення призначене для побудови логіко-орієнтованих моделей (повністю реалізовано зовнішню взаємодію агентів і управління ними, внутрішня поведінка програмується користувачем), тож є гарною основою для створення систем, основою яких є логічні моделі.

ПОБУДОВА МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ANYLOGІC

AnyLogic - програмне забезпечення для імітаційного моделювання. Інструмент обладнаний сучасним графічним інтерфейсом і дозволяє використовувати Java для розробки моделей.

Графічне середовище AnyLogіc включає в себе наступні компоненти:

1. Stock & Flow Dіagrams (діаграма потоків та накопичувачів) застосовується при розробці моделей, використовуючи метод системної динаміки.

2. Statecharts (карти станів) в основному використовується в агентних моделях для визначення поведінки агентів. Але також часто використовується в дискретно-подієвому моделюванні, наприклад для симуляції машинних збоїв.

3. Actіon charts (блок-схеми) використовується для побудови алгоритмів. Застосовується в дискретно-подієвому моделюванні (маршрутизація дзвінків) і агентному моделюванні (для логіки рішень агента).

4. Process flowcharts (діаграми процесів) основна конструкція, що застосовується для визначення процесів в дискретно-подійному моделюванні.

Середовище моделювання AnyLogic підтримує проектування, розробку, документування моделі, виконання комп'ютерних експериментів з моделлю, включаючи різні види аналізу - від аналізу чутливості до оптимізації параметрів моделі щодо деякого критерію.

Середовище розробки AnyLogіc включає в себе наступний набір стандартних бібліотек:

1. Process Modelіng Lіbrary – розроблена для підтримки дискретно-подієвого моделювання в таких областях як Виробництво, Ланцюги поставок, Логістика і Охорона здоров'я.

2. Pedestrіan Lіbrary – створена для моделювання пішохідних потоків в «фізичної» навколишньому середовищу.

3. Raіl Yard Lіbrary – підтримує моделювання, імітацію та візуалізацію операцій сортувальної станції будь-якої складності і масштабу.

Застосування агентних технологій і систем в електронному бізнесі дає можливість представити споживача і продавця через програмних агентів, що допомагає створювати адаптивні моделі поведінки покупців і продавців. ПА можуть бути посередниками на електронних ринках: агент з власної ініціативи або за дорученням іншого агента чи користувача організовує пошук потрібного товару/послуги в єдиному інформаційно-економічному просторі і доставляє його клієнту. ПА використовуються у ПрО: управлінні підприємствами та виробничими процесами; плануванні рухом транспорту (повітряного, залізничного, автомобільного); аналізі та пошуку економічної інформації; навчанні; бізнесі, електронній комерції тощо. В галузі управління виробництвом першим застосуванням МАС є YAMS (Yet Another Manufacturing System). Важливим напрямом використання програмних агентів є ***інформаційно-пошукові агенти***(ІПА) - агенти, метою функціонування яких є ефективна взаємодія користувача з інформаційним середовищем і перетворення останнього в персоналізовані знання для конкретних користувачів.

Використання ІПА забезпечує користувачам значні переваги порівняно з пошуковими машинами:

* користувач отримує тільки найбільш релевантні результати пошуку, попередньо переглянуті ІПА з урахуванням специфіки ПрО, яка цікавить користувача, та його персональних уподобань;
* результати пошуку зберігаються для подальшої обробки та аналізу;
* можна автономно (наприклад, за розкладом) виконувати постійні інформаційні запити користувача без явних його вказівок;
* ІПА може коригувати свою поведінку за власним досвідом;
* співпраця ІПА підвищує ефективність виконання запитів;
* у процесі пошуку використовуються знання ПрО, подані як словники, тезауруси та онтології, а також методи дедуктивного, індуктивного і традуктивного (за аналогією) виведення.

На сьогодні інтелектуальні агенти широко застосовуються для порівняння умов продажу товарів у магазинах для організації індивідуального обслуговування замовника, без втручання людини у процес взаємодії з замовником. ПА здатні навчатися з часом: вони запам'ятовують переваги покупця, Його традиційні шаблони пошуку, зроблені ним раніше покупки - все це спрямоване на поліпшення обслуговування замовника.

Є різні програмні реалізації агентних систем е-комерції. Наприклад, модель СВВ (Consumer Buying Behavior Model) охоплює шість стадій і дає змогу розподіляти за типами системи електронної комерції, відповідно ПА поділяються за функціями, які вони виконують в ***е***комерції:

* ідентифікація потреб - на цій фазі покупець отримує детальну інформацію про товари/послуги;
* брокеринг товарів - фаза пошуку інформації з метою оцінки альтернативних товарів/послуг на основі критеріїв, заданих покупцем;
* торговий брокеринг - фаза вибору продавця, який пропонує покупцеві товари/послуги на основі критеріїв покупця {ціна, гарантії, строк доставки, репутація продавця);
* переговори - фаза погодження умов угоди (переговори можуть мати різну тривалість і складність);
* платежі і доставка продукції - ця фаза відбувається після укладення угоди купівлі-продажу;
* обслуговування та моніторинг - післяпродажна фаза у процесі обслуговування.

Застосування IT-технологій у сфері бізнесу викликало появу нової форми взаємодії зі споживачем – електронного бізнесу (е-бізнесу). Електронний бізнес – комерційна діяльність, що базується на інформаційно-комунікаційних технологіях та спрямована на отримання прибутків.

Розвиток е-бізнесу пов'язаний з формуванням єдиного економічного простору, впровадженням корпоративного електронного документообігу, застосуванням електронного цифрового підпису та електронних угод, персоніфікацією доступу до економічної інформації і впровадженням інтелектуальних механізмів підтримки бізнес-процесів. Агентні технології – один з ключових напрямків розвитку інформаційної економіки. Єдиний інформаційний простір (ЄІП) – сукупність інформації, технологій її використання та засобів передачі, що функціонують на основі єдиних принципів і за спільними правилами для задоволення інформаційних потреб користувачів. Він містить систему сервісів, найважливіші з яких – це:  обчислювальні сервіси (Data/Computation Services) – засоби розміщення даних і їхнього транспортування між застосунками, доступу до обчислювальних і мережних ресурсів;  інформаційні сервіси (Information Services) – засоби подання, обробки, збереження та доступу до інформації;  знання-орієнтовані сервіси (Knowledge Services) – засоби накопичення, подання, відновлення, публікації знань.

Сервіс – програмний процес, що реалізує дію застосунку в певній ПрО. Користувачі можуть шукати необхідні сервіси серед опублікованих у каталозі за відкритим протоколом UDDI. Сервіси можуть програмно викликатися через Інтернет. ПА в цій схемі можуть виступати у ролі посередників на ринку інформаційних послуг: агент з власної ініціативи або за дорученням іншого агента організовує пошук потрібного сервісу в певному репозиторії, перевіряє повноваження користувача та запускає сервіс у роботу.

Широко застосовують засоби групової роботи географічно розподілених учасників спільної діяльності (workflow, groupware), що дозволяє заощаджувати кошти, пов'язані з територіальним переміщенням людей, а також технології ШІ, у тому числі – агентні технології, які забезпечують ефект постійної присутності в Інтернеті суб’єктів економічної діяльності. Ці технології дозволяють знизити інформаційне перевантаження учасників інформаційної економіки, підвищити швидкість і ефективність процедур установлення контактів, проведення переговорів, підтримки угод тощо.

Другий процес формування інформаційної економіки пов’язаний з перенесенням до Інтернету різних видів соціально-економічної діяльності. Це стимулюється багатьма міжнародними і національними організаціями.

Третім процесом формування і-економіки є модернізація традиційних організацій у мережні структури на всій ієрархічній вертикалі економіки – від окремих фірм до об’єднуючих їх фінансово-промислових груп, корпорацій, ринків тощо. Цей процес пов’язаний з активним використанням ІТ, у тому числі і агентних технологій, і зменшенням частки традиційних ієрархічних форм керування. Модернізація організацій у мережні структури дає потенційні такі переваги:

 відсутність потреби у фізичному переміщенні учасників спільної діяльності (віртуальних робочих колективів) призводить до економії часу та витрат;

 ЄІП підприємства, корпорації, країни, регіону полегшує та прискорює доступ до створених ними ІР та дозволяє знизити витрати на формування і підтримку внутрішнього інформаційного середовища організації;

 колективне формування ІР дозволяє співробітникам оперативно отримувати інформацію про поточні бізнес-процеси та впливати на них.

 розвиток засобів координації та кооперації спільної діяльності підвищує точність прийнятих рішень, змінює структуру витрат підприємства: дешевше передавати на виконання роботи тимчасовим працівникам або зовнішнім компаніям (аутсорсинг), ніж тримати для цього штатних співробітників.

Четвертий процес формування і-економіки – створення мережних варіантів "горизонтальних" економічних структур, що обслуговують все різноманіття організацій в економіці. До таких структур належать: торгова та фінансова інфраструктури, система трудових відносин, юридична система тощо. Основними діючими елементами горизонтальних структур є зв'язки між їх окремими ланками і єдині правила роботи всіх ланок. Горизонтальні структури в економіці – мережі зв'язків, перенесення яких до Інтернету підвищує їх ефективність.

Сучасна комерційна діяльність здійснюється під керівництвом людини, яка вирішує, що саме та коли купити або продати, яку кількість товару і за якими цінами. Кожна людина має власний досвід, переконання та цілі, які визначають суб’єктивний характер соціально-економічної діяльності. Соціально-економічні ситуації належать до класу слабоструктурованих та не повністю формалізованих областей. Однією з важливих особливостей цих ситуацій є необхідність враховувати поведінку суб’єктів, які беруть участь у цьому процесі. Соціально-економічна ситуація містить елементи когнітивного конфлікту, в якому кожна сторона має власні уявлення про ситуацію та прагне змоделювати поведінку іншої, тобто конструює власні образи та партнерів. Для аналізу таких ситуацій використовують логіку рефлексивного керування. При когнітивному моделюванні ситуацій її загальна модель – це когнітивна карта, яка може бути подана у вигляді орієнтованого навантаженого графа, вершини якого – фактори, що впливають на ситуацію, а дуги навантажені нечіткими значеннями взаємовпливаючих факторів. Математичний апарат, що базується на нечітких когнітивних картах, дозволяє здійснювати аналіз соціально-економічної ситуації та синтезувати стратегії керування. Практичне використання рефлексивних моделей Лефевра обмежене можливостями їх математичного апарату. Для моделювання соціально-економічних ситуацій доцільно застосовувати агентний підхід.

Застосування агентних технологій в е-комерції пов’язане з поданням клієнта і продавця через ПА, що дозволяють створювати адаптивні моделі поведінки покупців і продавців на основі МАС. ПА забезпечують встановлення та підтримку рівноправних зв’язків між економічними об’єктами інформаційної економіки. Апаратом моделювання та інструментом дослідження і-економіки є агентний підхід щодо моделювання економіки, орієнтований на дослідження економічних систем, що складаються з множини розподілених застосунків, діючих паралельно без глобального контролю і відповідального за поведінку цих застосунків. Основна особливість цього підходу – дослідження того, як економічний порядок і регулярність виникають з локальних взаємодій автономних ПА, регульованих через параметри середовища життєдіяльності. Саме децентралізована економічна діяльність рівноправних ПА, координована за допомогою інформаційної імітації ними своїх дій за допомогою інформаційної моделі середовища їх існування, якнайкраще відображає бізнес-зв’язки об’єктів економічної системи.

Обмеженим ресурсом є те, заради чого ПА встановлюють між собою ці зв'язки: місце в системі розподілу праці, в якому даний агент становить для економічної системи максимальну цінність і, отже, одержує від участі в спільній діяльності максимально можливу для себе вигоду. Для того, щоб в групі окремий ПА мав змогу "усвідомити" можливість своєї участі в її діяльності і "передбачати" можливі вигоди і ступінь зацікавленості групи в його діях, він повинен мати достатньо повну картину про можливості і наміри решти ПА. Урахування цієї обставини може бути реалізоване включенням у модель поведінки агента його BDI-моделі, яка містить інформаційні образи інших об’єктів, а також образи доступних йому фрагментів економічної системи.

Ментальна модель потрібна агентові, щоб програвати свої можливі дії і приймати рішення, але вона буде працездатна для забезпечення властивого громадським формам високого рівня взаємозалежності дій незалежних і рівноправних агентів тільки за існування механізму безперервної підтримки її в актуальному стані. Для цього інформаційні образи агентів-партнерів у ментальній моделі повинні мати зв’язки з реальними партнерами, які в умовах групи формуються в носії ментальної моделі через прямі контакти з партнерами. У цьому разі ментальна модель – колективно підтримувана субстанція, яка вже не належить одноосібно окремому агенту, хоча вона і може існувати тільки в його свідомості.

Починаючи з певного рівня розвитку ІТ, ментальна модель може бути відчужена від агента на певному інформаційному носії, після чого вона вже є одним з об'єктів середовища ПА.

За рахунок активної спільної діяльності всього співтовариства ПА в актуалізації ментальної моделі можна вважати, що ця модель, тобто інформаційний образ середовища, є системою, що складається з ментальних моделей членів даного співтовариства, яка є більшою за їх об’єднання.

Для процесу координації на базі прямих зв'язків між агентами характерно, що вони "обговорюють" свої дії між собою, "домовляються" про взаємоприйнятні дії і потім "координують" свою спільну діяльність, за якою досягають домовленості. З урахуванням гіпотези про існування інформаційного образу середовища цей процес координації може бути уточнений: ПА відчужують у даний інформаційний образ свої пропозиції з приводу нових варіантів діяльності та нових комбінацій зв’язків. Сукупність таких пропозицій становить множину вибору кожного ПА системи. Агенти оцінюють прийнятність існуючих пропозицій і вносять свої, які також оцінюються рештою агентів. Якщо співтовариство агентів зафіксувало в своїй множині вибору взаємовигідний варіант, то він реалізується, а встановлені між агентами зв'язки використовуються для поточної координації діяльності.

В економіці прямих рівноправних зв'язків існує два підпростори діяльності ПА:

 матеріальний – реальні процеси створення, розподілу і споживання ресурсів;

 інформаційний – результат ментального (психологічного) відображення першого і включає процеси формування інформаційного образу середовища, а також колективне конструювання агентами на цій основі нового образу матеріального простору.

ПА створюють в інформаційному просторі образ матеріального простору і потім перебудовують його відповідно до поточних потреб. У цьому є певна циклічність: інформаційні образи нових зв'язків і видів діяльності, що ініціюються в другому підпросторі, частково матеріалізуються в структурі першого, міняючи його поточний стан; з другого боку, новий стан першого простору стає базисом для генерації нових станів і інформаційних образів, що заповнюють другий простір. Зв’язки ПА також можуть бути поділені на два типи: 1) обміну ресурсами, 2) обміну інформацією.

Найбільший економічний ефект від впровадження Інтернет-технологій пов’язаний з такими економічними інститутами, як торгівля, фінанси та трудові відносини.

Ефективність систем е-комерції, у тому числі й агентно-орієнтованих, визначає міру відповідності комерційним потребам її суб’єктів використаних у ній технологій, підходів, моделей і правил.

Одним з важливих аргументів на користь впровадження агентних технологій у е-бізнесі є їх ефективність, але доведення цього потребує використання відповідних методик, які дозволяють порівнювати різні бізнес-застосунки.

Зараз багато методик оцінки ефективності Інтернет-проектів, до яких належать системи е-комерції, базуються на таких показниках роботи, як частота відвідуваності сайту і час, що проводить відвідувач на сайті. Наприклад, для електронного магазина важливим фактором оцінки ефективності його функціонування є кількість відвідувачів.

Але ці показники не завжди відображають реальну ефективність застосунку. Приміром, на непрофесійно розробленому сайті користувач змушений провести значно більше часу для здійснення покупки, ніж на сайті зі зручною навігацією і зрозумілим інтерфейсом. Існують такі взаємозалежні напрямки оцінки ефективності систем е-комерції:

 економічне;

 організаційне;

 маркетингове тощо.

Для порівняння систем е-комерції можна використовувати методи аналізу відкритих систем, які дозволяють виявити пріоритети осіб, що приймають рішення (ОПР), і визначення інтенсивності взаємодії компонент, які описують структуру системи ієрархії.

Застосування методу аналізу ієрархій для порівняння систем е-бізнесу дозволяє виявляти пріоритети ОПР, і вибрати згідно з цими пріоритетами найбільш придатну систему. Метод аналізу ієрархій Сааті полягає у декомпозиції проблеми на простіші складові і подальшій обробці послідовності суджень ОПР за парними порівняннями. У результаті може бути встановлено відносний ступінь взаємодії елементів ієрархії. Метод містить процедури синтезу множинних суджень, отримання пріоритетності критеріїв і знаходження альтернативних рішень. На першому етапі виявляють найважливіші елементи проблеми, на другому – найкращий спосіб перевірки спостережень і оцінки елементів; наступним етапом може бути розробка способу застосування рішення й оцінка його якості.

Програмні агенти е-комерції

Модернізація торговельної інфраструктури за допомогою інформаційно-комунікаційних технологій одержала назву "електронна комерція". У сучасній літературі часто використовують визначення UNCTAD (United Nations Committee on Trade and Development): електронна комерція – угоди, пов'язані з комерційною діяльністю організацій і фізичних осіб, що базуються на обробці і передачі інформації в електронному вигляді, у тому числі текстів, звуків і візуальних даних.

Електронна комерція (е-комерція) – технологія, що забезпечує повний замкнутий цикл бізнес-операцій, який включає замовлення товарів і послуг, проведення платежів, доставку товару, що проводяться з використанням електронних засобів та інформаційно-комунікаційних технологій і забезпечують передачу прав власності одних юридичних або фізичних осіб іншим.

Застосунки е-комерції поєднують мобільні системи та ШІ, які раніше розвивалися окремо.

Е-комерція може здійснюватися:

 між суб'єктами підприємництва в процесі виробництва і продажу товарів (модель бізнес-бізнес, B2B);

 між суб'єктом підприємництва та споживачем під час продажу і поширення товарів (модель бізнес-споживач, B2С);

 між споживачами (модель споживач-споживач, С2С)

 між державними установами та суб’єктами підприємництва (модель установа-бізнес, G2B) тощо.

Технології е-комерції змінили традиційний шлях здійснення бізнесу. Складність транзакцій збільшилася завдяки величезній кількості доступної інформації та динамічності навколишнього середовища. ПА здатні виконувати комерційні транзакції від імені користувачів. Це позбавляє людей від рутинних дій.

На сьогодні інтелектуальні агенти широко застосовуються для порівняння умов продажу товарів у магазинах для організації індивідуального обслуговування замовника, без втручання людини в процес взаємодії із замовником. ПА здатні навчатися з часом: вони запам'ятовують переваги покупця, його традиційні шаблони пошуку, зроблені ним раніше покупки – все це направлено на поліпшення обслуговування замовника.

Ролі ПА е-комерції

ПА е-комерції – це програмні сутності, що забезпечують процес переговорів між споживачами та продавцями та всі інші фази купівлі-продажу електронним способом. Кожен ПА має оцінювати можливі торговельні угоди, враховуючи переваги, які його користувач надає різним параметрам угоди. Агентів е-комерції можна характеризувати, враховуючи такі властивості:

 роль, яку виконує ПА;

 раціональність поведінки;

 засоби подання та використання знань;

 форми зобов'язань, які підтримує ПА;

 здатність ПА до суспільної поведінки;

 стратегії визначення ціни товару або послуги.

Агенти використовують знання про товари та послуги, для яких вони встановлюють ціну, і про те, як інші ПА оцінюють подібні товари. Залежно від того, які правила поведінки задані користувачем, агент обирає стратегію, за якою пропонує продавцю ціну, яку він згоден сплатити. У процесі визначення ціни важливим чинником є персоніфіковані знання про користувачів.

ПА можуть виконувати в процесі переговорів ролі як клієнтів, так і продавців (або обидві ролі водночас). ПА покупців можуть автоматично збирати інформацію про продавців і товари та оцінювати різні пропозиції. У переговорних процесах ПА клієнтів і продавців – основні діючі об’єкти, але в деяких сценаріях (приміром, в аукціонах) головна роль належить агентам-посередникам.

ПА як посередники е-комерції в контексті загальної моделі маркетингових досліджень поведінки покупця CBB (Consumer Buying Behavior Model), яка охоплює дії та рішення, пов’язані з покупкою та використанням товарів і послуг. Модель CBB охоплює шість стадій, які дозволяють формально розподіляти за категоріями системи е-комерції:

 ідентифікація потреби – на цій фазі покупець отримує детальну інформацію про потрібний йому товар;

 брокеринг товарів – фаза пошуку інформації з метою оцінки альтернативних товарів на основі критеріїв, заданих покупцем;

 торговий брокеринг – фаза вибору продавця, що пропонує потрібний покупцеві товар, на основі критеріїв покупця (ціна, гарантії придатності, термін доставки, репутація продавця тощо);

 переговори - фаза погодження умов угоди (переговори можуть мати різну тривалість і складність залежно від специфіки ринку та його суб’єктів: на деяких ринках роздрібної торгівлі ціни й інші аспекти угоди фіксуються поза переговорними процесами, тоді як на інших ринках – наприклад, ринках акцій, автомобілів – угоди щодо ціни та інших аспектів угоди встановлюють в процесі переговорів);

 платіж і доставка продукції – ця стадія відбувається після закінчення переговорів, якщо була досягнута угода купівлі-продажу;

 обслуговування та оцінка – післяпродажна стадія сервісного обслуговування продукції, аналіз процесу використання товару покупцем та рівня його задоволеності.