

УДК 004.89

В.В. ЛИТВИН*, О.В. ОБОРСЬКА*, Р.В. ВОВНЯНКА*

МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У КОНКУРЕНТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

*Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Анотація. У статті досліджується поведінка інтелектуального агента у конкурентному середовищі. Для моделювання поведінки обрано петлю OODA. Розглянуто взаємодію етапів петлі OODA (спостереження, орієнтація, прийняття рішення, дія) із онтологією задач та предметної області, в межах якої функціонує цей агент.

Ключові слова: петля OODA, спостереження, орієнтація, аналіз, синтез, прийняття рішення, дія, онтологія.

Аннотация. В статье исследуется поведение интеллектуального агента в конкурентной среде. Для моделирования поведения выбрали петлю OODA. Рассмотрено взаимодействие этапов петли OODA (наблюдение, ориентация, принятие решения, действие) с онтологией задач и предметной области, в рамках которой функционирует этот агент.

Ключевые слова: петля OODA, наблюдение, ориентация, анализ, синтез, принятие решения, действие, онтология.

Abstract. The behavior of an intelligent agent in a competitive environment is investigated in the paper. The OODA loop is chosen for behavior simulation. There were explored the interaction of OODA loop stages (observation, orientation, decision support, action) with the ontology of tasks and subject area in which the agent operates.

Keywords: OODA loop, observation, orientation, analysis, synthesis, decision support, action, ontology.

1. Вступ

Відповідно до ідей Джона Бойда та його послідовників будь-яка діяльність у конкурентному середовищі (наприклад, у військовій сфері) з певним ступенем наближення може бути представлена у вигляді кібернетичної моделі OODA [1]. Зазначена модель передбачає багаторазове повторення петлі дій, складеної з чотирьох послідовних взаємодіючих процесів (рис. 1.): спостереження (observation), орієнтація (orientation), прийняття рішення (decision), дія (action).

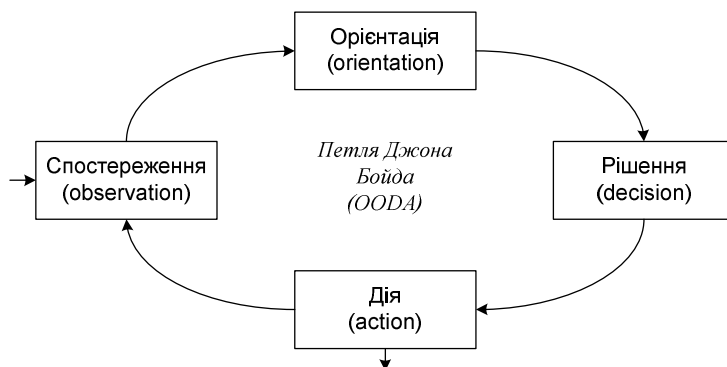


Рис. 1. Процеси петлі OODA

Така модель з успіхом почала застосовуватися для моделювання діяльності та прийняття рішень у бізнесі, політиці, соціології тощо, тобто у тих сферах, де наявна конкуруюча сторона.

Згідно з теорією Бойда, кожна людина або організація при вирішенні поставлених перед ними завдань має свою петлю прийняття рішень і діяльності.

2. Аналіз літературних джерел

Згідно з літературними джерелами з теорії Д. Бойда, підсумок яких здійснено в [1], мета етапів петлі та їх функціональне призначення є таким.

Спостереження (observation) – це процес збору інформації, необхідної для прийняття рішення у деякому конкретному випадку. Необхідна інформація може бути отримана як від зовнішніх, так і від внутрішніх джерел. Під внутрішніми джерелами інформації розуміються елементи зворотного зв'язку петлі. Як зовнішні використовуються датчики, а також інші канали отримання інформації.

Щоб спостереження набуло наукового характеру, потрібно, щоб воно:

- було планомірним, а не випадковим;
- здійснювалося послідовно й систематично;
- було забезпечене достатньо широкою інформацією про явище, яке є предметом спостереження (слід оперувати якомога більшою кількістю фактів);
- передбачало точну фіксацію результатів спостереження.

Збір даних може здійснюватися:

1) механічним способом; механічна реєстрація даних полягає в тому, що джерело інформації, тобто «подія» або «явище», виявляється у вигляді зміни деякого фізичного стану, і цей новий стан реєструється механічним способом.

2) експертом; спостереження, здійснюване експертом, із наступним відновленням результатів по пам'яті, які називають «записом».

3) шляхом експериментального дослідження, особливість якого полягає в тому, що явище (предмет дослідження) вивчається за різних умов та обставин; застосування цього методу дослідження сприяє глибокому і дуже точному вивченню певної психологічної закономірності.

Орієнтація (orientation) – найвідповідальніший і найскладніший з когнітивної точки зору етап у всьому циклі OODA. Етап орієнтації складається з двох підетапів: руйнування (destruction) і творення (creation). Руйнування передбачає розбиття ситуації на дрібні елементарні частини, які більш легкі для розуміння. Людина або організація, яка приймає рішення, буде прагнути здійснити декомпозицію завдання до такого рівня, поки новоутворені складові завдання стають близькими до стандартних або типових ситуацій, для яких об'єкт прийняття рішень (ОПР) має план дій. Ознайомлення з цими елементарними типовими підзадачами досягається шляхом навчання, тренування, накопичення досвіду та інструктажу. ОПР ідентифікує поточну ситуацію, тобто відносить її до певної підзадачі, і застосовує заздалегідь заготовлений план дій для цієї підзадачі. Потім ці складові елементарні підплани об'єднуються в загальний план дій, що і відповідає підетапу «творення». Якщо немає планів, з числа яких може бути обрано рішення, то процес залишається на етапі орієнтації, і здійснюється подальша декомпозиція задачі. Якщо не вдається розробити план з реальними шансами на успіх, то подальше подрібнення може призвести до останнього циклу.

Для орієнтації використовуються методи аналізу і синтезу, які тісним чином пов'язані між собою. Вони призначені для обробки інформації, отриманої в результаті застосування дослідницьких методів.

Аналіз являє собою вивчення якостей, властивостей і характеристик досліджуваного об'єкта за допомогою його умовного поділу на окремі складові частини.

У свою чергу, синтез полягає в узагальненні інформації про окремих складових і формуванні сукупності інформаційних даних про об'єкт дослідження в цілому.

Результати, отримані у процесі аналізу та синтезу, служать основою для складання різного роду прогнозів на найближчу і далеку перспективу. Прогнозування може здійснюватися методами розрахунку і екстраполяції.

На етапі декомпозиції системи здійснюються:

– визначення та декомпозиція загальної мети дослідження й головної функції системи як обмеження траєкторії у просторі станів системи або в області допустимих ситуацій. Найчастіше декомпозицію виконують побудовою дерева цілей та дерева функцій:

- виділення системи із середовища (поділ на «систему» та «несистему»);
- опис впливових факторів;
- опис тенденцій розвитку;
- опис системи як «чорного ящика»;
- функціональна (за функціями), компонентна (за типом елементів), структурна (за типом відношень між елементами) декомпозиція системи.

Прийняття рішення (decision) – третій етап циклу OODA. Якщо до цього етапу ОПР змогла сформувавши тільки один реальний план, то приймається рішення – виконувати цей план чи ні. Якщо ж сформовані кілька альтернативних варіантів дій, то ОПР на даному етапі здійснює вибір найкращого з них для подальшої реалізації. Вибір найкращого плану може здійснюватися за критерієм ефективність-вартість. В умовах ліміту часу кращим вважається той план, що відповідає вимогам швидкої надійності.

Для прийняття рішення використовуються такі методи:

- метод ефективність-вартість враховує три етапи: побудова моделі ефективності, побудова моделі вартості, синтез вартості й ефективності;
- методи теорії і практики надійності базуються на застосуванні апарата теорії ймовірностей і випадкових процесів, математичної статистики та моделювання.

Дія (action) – заключний етап циклу, що передбачає практичну реалізацію обраного курсу дій або плану.

Існують два основних способи досягнення конкурентних переваг при здійсненні різних видів професійної діяльності. Перший шлях – зробити в кількісному вимірі свої цикли дій більш швидкими. Це дає нам змогу першими приймати рішення і змусить конкурентів реагувати на наші дії. Другий шлях – покращити якість прийнятих рішень, тобто приймати рішення, які у більшій мірі відповідають ситуації, яка склалася, ніж рішення конкурентів.

Підвищення якості власних рішень може бути досягнуто різними способами, до числа яких відносяться застосування сучасних формальних математичних методів, застосування автоматизованих систем керування, систем підтримки прийняття рішень, експертних систем. Якщо використовувати останні, то сучасний підхід до їх побудови використовує як ядра бази знань онтології [2]. Тому виникає задача з розроблення методів використання онтологій у петлі OODA.

Постановка задачі

Розробити підхід до підвищення ефективності діяльності об'єкта управління в конкурентному середовищі. Задачею дослідження є розроблення та обґрунтування методу моделювання петлі OODA з використанням онтологій баз знань середовища, в якому функціонує об'єкт управління.

3. Основний матеріал

Відмітна риса циклу OODA від інших циклічних моделей полягає в тому, що в будь-якій ситуації завжди передбачається наявність конкурентної сторони. На рис. 2 наведено три об'єкти управління, які знаходяться в деяких своїх початкових станах і мають власні стани мети. Те, що ці об'єкти функціонують у конкурентному середовищі, змушує під час проходження петлі OODA аналізувати стани, в яких знаходяться конкуренти та їх дії, що й відображено на рисунку відповідними стрілками.

Пропонується для моделювання петлі OODA використовувати інтелектуальну систему, ядром бази знань якої є онтологія, що складається із онтології предметної області

(ПО) й онтології задач, які можуть виникати у цьому середовищі. На нашу думку, зміст онтології напряму впливає на 2-ий і 3-ій етапи циклу, а сама структура та наповнення онтології залежать від 1-го та 2-го етапів (рис. 3).

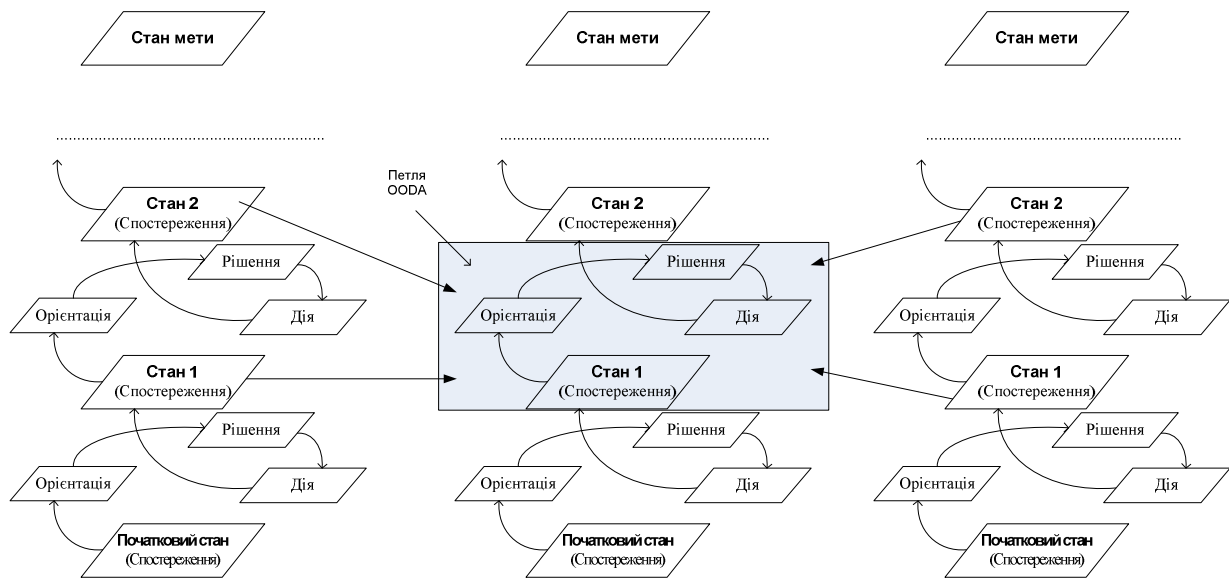


Рис. 2. Функціонування об'єктів у конкурентному середовищі

Розглянемо детальніше кожний етап петлі OODA у процесі його взаємодії з онтологією предметної області та задач, які в цій області виникають.

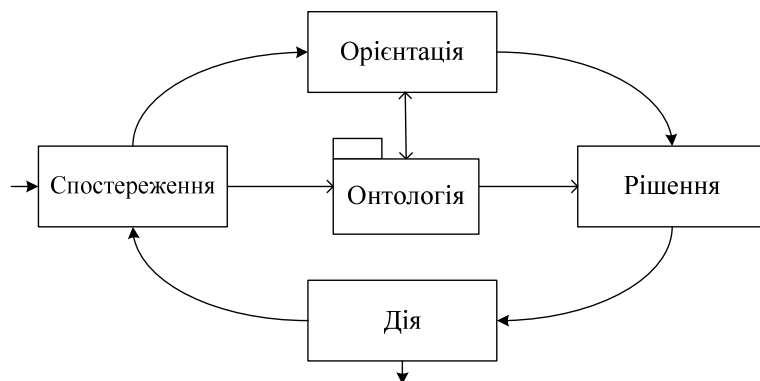


Рис. 3. Використання онтологій у петлі OODA

Етап спостереження дає змогу здійснювати процес розбудови онтології, а також аналізувати її з метою вибору релевантної інформації, яка потрібна на наступних етапах петлі OODA.

Формально онтологія складається з термінів (понять, концептів), організованих у таксономію, їх визначень і атрибутів, а також пов'язаних з ними аксіом і правил виведення. Тому під моделлю онтології O розуміють трійку вигляду [2]

$$O = \langle C, R, F \rangle,$$

де C – скінченна множина понять (концептів, термінів) ПО, R – скінченна множина відношень між концептами (поняттями, термінами) заданої ПО, F – інтерпретація понять та відношень (аксіоми). Аксіоми встановлюють семантичні обмеження для системи понять та відношень [3].

Для побудови онтології, яка адекватно описує семантичну модель ПО, необхідно, насамперед, розв'язати задачі одержання знань із різних джерел для виявлення множини концептів і встановлення ієрархії на цій множині. Оскільки значна частина інформації міститься в природничомовних текстах (ПМТ), перспективним є одержання знань із текстової інформації, а також інтелектуальне опрацювання спеціально підібраних колекцій ПМТ.

Одним із найефективніших підходів до наповнення онтології є її автоматизоване навчання природничомовними текстами. Автоматизоване наповнення можна реалізувати

за допомогою аналізу текстових документів, застосувавши процесор знань (рис. 4). Детальніше такий підхід розглянуто у монографії [4].

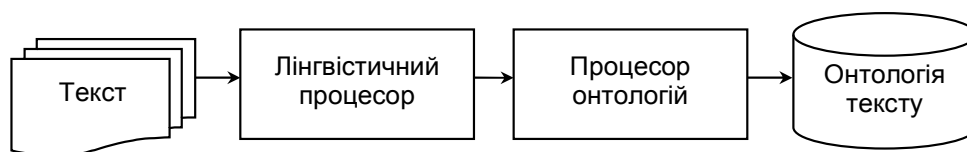


Рис. 4. Структурно-функціональна схема процесора знань

У поданій схемі завдання лінгвістичного процесора – виконати його лексичний, лексико-граматичний, синтаксичний та семантичний аналіз. У результаті цього онтологія поповнюється поняттями, СДО-трійками (суб’єкт – дія – об’єкт) і причинно-наслідковими зв’язками між СДО-трійками. Іншу частину важливих зв’язків між поняттями та їхніми властивостями встановлює процесор онтологій, котрий будує онтологічну структуру для кожного концепту S , отриманого після аналізу тексту. Робота процесора онтологій підтримується відповідною БЗ, основними компонентами якої є: по-перше, множина правил, по-друге, універсальна логічна БД MModWN [5] типу WordNet [6]. Процесор знань застосовують у системі автоматизованого одержання знань із текстових документів, яка, у свою чергу, застосовується для розв’язання задачі семантичного пошуку в повнотекстових БД. Серед систем, розроблених в Україні, треба відзначити розробку колективу кафедри математичної інформатики Київського національного університету імені Тараса Шевченка – систему опрацювання текстів природною мовою [7]. Система створена для розв’язування таких задач, як аналіз та синтез текстів природною мовою, автоматизоване генерування реферату тексту, автоматизована індексація (визначення тематики) тексту. Розроблена нами система детально описана в [4, 8]. Основна перевага нашого підходу полягає у побудові інтелектуального агента (ІА), який визначає цінність повідомлень, що пропонується додавати в онтологію в залежності від вибраного плану управління.

Особливості функціонування спеціалізованого ІА визначаються його інтересом – вектором оцінок бажаності можливих станів агента. Для опису інтересу агента, за допомогою якого він розрізняє стани довколишнього світу та позиціонує себе у ньому, застосовується функція корисності, яка є числовою оцінкою його бажаності для агента. Корисності об’єднуються з імовірностями дій для визначення очікуваної корисності кожної дії.

Нехай $U(S)$ – корисність стану S з точки зору агента, що приймає рішення щодо вчинення деякої дії A . Довільна недетермінована дія може спричинити результуючий стан $Result_i(A)$, де індекс i пробігає по усіх можливих результатах. Перш, ніж вчинити дію A , агент оцінює імовірність $P(Result_i(A) | Do(A), E)$ кожного з можливих результатів, де E – сукупність доступних агенту параметрів його стану, а $Do(A)$ – висловлювання, згідно з яким в поточному стані виконується дія A . Таким чином, можна обчислити умовну корисність дії $EU(A | E)$ з урахуванням відомих параметрів стану:

$$EU(A | E) = \sum P(Result_i(A) | Do(A), E) \cdot U(Result_i(A)).$$

Якщо раціональний інтелектуальний агент керується принципом максимальної очікуваної корисності (Maximum Expected Utility – MEU), він змушений вибирати дію, яка максимізує очікувану корисність для агента. Так функціонує механізм мотивації поведінки раціонального інтелектуального агента незалежно від сфери його застосування.

У випадку інформаційно-пошукового агента його інтерес може бути заданий через оцінку новизни отриманих повідомлень, яка потребує застосування методів інтелектуаль-

ного аналізу природничомовних текстів. Вважаємо, що текст побудований, як повідомлення. Структура повідомлення орієнтована на сприйняття іншим агентом, тому складається з двох частин (рис. 5): констатуючої частини, за якою адресат оцінює релевантність повідомлення (1) та визначає його контекст (2), та конструктивної частини – потенційно нових для читача знань у даному контексті (3).



Рис. 5. Розпізнавання нових знань у повідомленні з метою наповнення ними бази знань

Якщо нове знання є не повним алгоритмом, а лише окремим фактом чи правилом, що вносить уточнення до вже відомих агенту алгоритмів, зміна їх функції корисності служить оцінкою новизни даного факту (правила) та їх важливості для агента. Детальніше такий підхід описаний у монографії [9]. Представлення знань у формі онтології передбачає, що будь-яке можливе узагальнення, тобто комплексне, складене поняття завжди явним чином артикульоване, назване і як окремий концепт фігурує в базі знань.

На етапі *орієнтація* здійснюється побудова плану дій. Для досягнення цільового стану ІА насамперед повинен бути побудований план досягнення цього стану із усіма можливими альтернативами [10]. Планування ґрунтується на декомпозиції. Задача планування ZP містить три складові: множину станів S , множину дій A , множину цільових станів $Goal$ (станів мети), тобто

$$ZP = \langle St, A, Goal \rangle.$$

Надалі вважатимемо, що стан мети єдиний. Якщо станів мети декілька, то мету можна записати як диз'юнкцію цих станів. Тоді досягнення такого стану є розв'язок деякої підзадачі, тому припущення про єдиність стану мети є нормальним.

У свою чергу дія A складається із чотирьох частин: ім'я дії, список параметрів, передумова та результат. А сам план визначається як кортеж із чотирьох елементів – <Множина дій, Множина обмежень впорядкування, Множина причинних зв'язків, Множина відкритих передумов> [11].

Стан $S(i)$ задається у вигляді множини фактів із відповідними ймовірнісними оцінками. Дія a_{ij} подається у вигляді відображення зі стану $S(i)$ в стан $S(j)$ з відповідною ймовірністю p_{ij} , тобто $S(i) \rightarrow S(j)$ з ймовірністю p_{ij} .

Для вибору необхідних дій ІА повинен вміти оцінювати стани. Легше це здійснити зі станами, в яких він вже перебував. Важче оцінити майбутні стани. Для оцінювання використовуються евристичні функції або метазнання. Тому спочатку розглянемо оцінку пройдених станів, потім дій і насамкінець їхню комбінацію, що веде до нового (майбутнього) стану.

Нехай $v(S(i))$ – оцінка стану $S(i)$. Для оцінювання станів, у яких вже перебував ІА, використовуватимемо онтологію ПО. Стан мети $Goal$ визначається необхідністю деякій

множині ознак X досягнути певних значень $z(x, Goal) \forall x \in X$. Будь-який стан $S(i)$ задається своєю множиною ознак Y_i , які набувають значень $z(y, S(i)) \forall y \in Y_i$.

Для оцінювання стану $S(i)$ необхідно здійснити відображення ψ множини ознак та їх значень стану $S(i)$ у множину ознак та значень стану $Goal$. Очевидно, що таке відображення повинне використати БЗ, а саме додатковий модуль онтологій Semantic Web Rule Language (SWRL).

$$\psi : Y_i \xrightarrow{\mathcal{E}} X.$$

Тоді оцінка стану $v(S(i))$ обчислюється

$$v(S(i)) = d(S(i), Goal) = \sum_{x \in X_w} \varphi(z(\psi(y), S(i)), z(x, Goal)),$$

де X_w – множина найсуттєвіших ознак. Наприклад, для їх визначення можна задати вагу елементів онтології [4, 12]. φ – деяка метрика, яка залежить від специфіки ПО [4, 12].

У наших дослідженнях для вибору дій ІА ми ґрунтуватимемося на раціональності агента як прагнення мінімізувати витрати ресурсів для досягнення кінцевого стану. Тому вважатимемо, що кожна дія a_{ij} однозначно визначається витратами ресурсів g_{ij}^k (ціна переходу зі стану в стан), де $k = 1, 2, \dots, n_i$. n_i – кількість альтернатив α_k для здійснення переходу a_{ij} . Тому надалі дію позначатимемо трьома індексами a_{ij}^k : перехід зі стану $S(i)$ у стан $S(j)$, використовуючи альтернативу α_k [13].

Оскільки чим оцінка менша, тим краще, то оцінка дії прямо пропорційна витраті ресурсів, тобто:

$$v(a_{ij}^k) = E \cdot g_{ij}^k,$$

де E – скалярна величина, яка зводить вимірювання оцінки дії до одного вимірювання з оцінкою станів.

Вибір найкращого плану здійснюється на етапі рішення. Загалом рішення стосовно вибору дії на основі альтернативи здійснюємо згідно з деяким відношенням між станом та дією:

$$o_i(a_{ij}^k) = \delta(v(a_{ij}^k), v(S(j))).$$

Зокрема, таке відношення може бути лінійним:

$$o(a_{ij}^k) = \omega v(a_{ij}^k) + (1 - \omega)v(S(j)),$$

де $\omega \in [0, 1]$ – частка альтернативі дії, яку ІА віддає під час прийняття рішення, інша частка належить стану, в який він перейде.

Після оцінювання дій та станів задача вибору шляху зводиться до задачі асинхронного динамічного програмування [14]. Ми отримуємо таку модель переходів між станами:

$$S(j) = a(S(i), o_i) \tag{1}$$

із критерієм оптимізації

$$\Theta(S(0), \vec{o}) \Rightarrow \min(\max). \tag{2}$$

Задача (1)–(2) є задачею динамічного програмування. Використовуючи методи, придатні для розв’язування таких задач, знаходимо розв’язок у вигляді шляху переходу з початкового у кінцевий стан, тобто шлях виконання плану.

У подальших наших роботах планується ускладнити модель (1)–(2) з урахуванням станів конкурентів і використати розроблене математичне забезпечення для моделювання воєнних дій.

4. Висновки

У роботі розглянуто моделювання поведінки інтелектуального агента, який функціонує у конкурентному середовищі. Для моделювання поведінки обрано петлю OODA. Для підвищення ефективності циклу OODA запропоновано використати онтологію предметної області, в межах якої функціонує інтелектуальний агент, та онтологію задач, які виникають у цій області. Визначено вплив етапів петлі OODA на зміст онтології й навпаки – зміст онтології на перебіг проходження етапів. Запропоновано взаємодію між онтологією та етапами петлі OODA. Задачу планування діяльності інтелектуального агента у конкурентному середовищі зведено до задачі динамічного програмування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ивлев А.А. Основы теории Бойда. Направления развития, применения и реализации / Ивлев А.А. – М., 2008. – 64 с.
2. Gruber T. A translation approach to portable ontologies / T. Gruber // Knowledge Acquisition. – 1993. – N 5 (2). – P. 199 – 220.
3. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 384 с.
4. Литвин В.В. Базы знаний интеллектуальных систем поддержки принятия решений / Литвин В.В. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 240 с.
5. Постановов Д.Ю. К вопросу многоязычности систем инженерии знаний и их приложений / Д.Ю. Постановов, И.В. Совпель // Искусственный интеллект. – 2006. – Вып. 3. – С. 474 – 479.
6. Miller G.A. WORDNET: A lexical database for English / G.A. Miller // Communications of ACM. – 1995. – N 11. – P. 39 – 41.
7. Гладун А.Я. Формирование тезауруса предметной области как средства моделирования информационных потребностей пользователя при поиске в Интернете / А.Я. Гладун, Ю.В. Рогушина // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2007. – № 1. – С. 26 – 33.
8. Литвин В.В. Оцінка новизни знань під час автоматичної розбудови онтологій / В.В. Литвин, А.С. Мельник, В.Я. Крайовський // Інформаційні системи та мережі. Вісник НУ “Львівська політехніка”. – 2011. – № 699. – С. 343 – 353.
9. Інтелектуальні системи, базовані на онтологіях: монографія // Д.Г. Досин, В.В. Литвин, Ю.В. Нікольський, В.В. Пасічник. – Львів: «Цивілізація», 2009. – 414 с.
10. Литвин В.В. Моделювання плану поведінки інтелектуального агента на основі мереж Петрі та онтологічного підходу / В.В. Литвин // Інформаційні системи та мережі: Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2009. – № 653. – С. 170 – 175.
11. Рассел С. Искусственный интеллект / С. Рассел, П. Норвиг. – М.; СПб.; К.: Вильямс, 2006. – 1408 с.
12. Литвин В.В. Інтелектуальні агенти пошуку релевантних прецедентів на основі адаптивних онтологій / В.В. Литвин // Математичні машини і системи. – 2011. – № 3. – С. 66 – 72.
13. Литвин В.В. Моделювання інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень з використанням онтологічного підходу / В.В. Литвин // Радіоелектроніка, інформатика, управління / Запорізький національний технічний університет. – 2011. – № 2 (25). – С. 93 – 101.
14. Новиков Ф.А. Дискретная математика для программистов / Новиков Ф.А. – [2-е изд.]. – СПб.: Питер, 2004. – 364 с.

Стаття надійшла до редакції 20.09.2013