

А.Я.Лозинський, аспірант кафедри САП, НУ “Львівська політехніка”,
В. М.Теслюк, д.т.н., професор кафедри ІСТ, НУ “Львівська політехніка”,
А.Я.Зелінський, к.т.н., асис. кафедри ІСТ, НУ “Львівська політехніка”,
О.О.Нарушинська, аспірант кафедри САП, НУ “Львівська політехніка”.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ

Анотація. В роботі проведений аналіз сучасного стану мультиагентних систем. В першій частині роботи описуються основні властивості агентів. Наступною частиною роботи є аналіз сучасного стану комунікації агентів, а саме, яка буває комунікація між агентами. В основній частині роботи автор описує класифікацію мультиагентних систем для вибору найбільш підходящої системи для проектування, відштовхуючись від потреб користувача. В заключній частині автор описав найефективнішу платформу розробки мультиагентної системи.

Abstract. The work says about the analysis of the current state of multi-agent systems. The first part of the of the article describes the main properties of agents. The next part of the work is an analysis of the current state of communication agents, namely, what is the communication between agents. In the main part of the work, the author describes the classification of multi-agent systems to select the most suitable system for designing, based on the needs of the user. At the final part, the author described the most effective platform for the development of the multi-agent system.

Вступ

За останні десять років розвиток телекомунікаційних технологій призвів до виникнення концепцій розподілених і інтелектуальних програмних систем. Такі системи реалізують різними способами, але саме мультиагентні системи (МАС) концентрують всі необхідні для таких технологій властивості з найбільшою виразністю і повнотою[1]. Результати від впровадження агентних технологій підтверджують перспективність цього напрямку. Технологія і теорія агентів продовжує розвиватися в рамках дослідницьких і комерційних проєктів. Особлива увага приділяється інтеграції методів штучного інтелекту[3], які до теперішнього часу знаходили застосування переважно в дослідженнях.

Мультиагентні системи складаються з декількох автономних інтелектуальних агентів, кожен з яких виконує свою, характерну тільки йому функцію і може вести обмін інформацією з іншими інтелектуальними агентами, що входять в МАС. Агент представляє собою програмне забезпечення, що реалізує його функціональність[2]. Агенти добре себе проявляють у глобальній мережі (Інтернет) і використовують незалежну від додатків високорівневу комунікацію і протоколи взаємодії[5]. У діловій сфері агенти допомагають користувачам вирішувати їх повсякденні завдання з використанням обчислювальних машин, забезпечують доступ до інформації, сприяють прийняттю рішень[12]. Робота агента в мережі є абсолютно

прозорою для користувача. Основним завданням проектування таких систем є досягнення координованої поведінки окремих агентів для отримання особистих і загальних цілей.

На сьогоднішній день розділяють декілька видів мультиагентних систем. Для того, щоб побудувати необхідну мультиагентну систему – потрібно оцінити основні вимоги, які стоять перед системою. Відштовхуючись від основних потреб проєктованої системи, можна вже підібрати підходящий вид мультиагентної системи.

1. Поняття та основні властивості агента

Проведений аналіз дає нам змогу стверджувати, що немає чіткого визначення терміну агента. Всі доступні визначення ґрунтуються на сфері застосування агентів. Такими сферами є: штучний інтелект, розроблення програмного забезпечення, сфера навчання, комп'ютерні науки, інженерія, тощо[2]. Агент – це певна складова системи, що реагує на середовище через давачі та діє на це середовище через ефектори[1]. Відповідно до цього визначення агентом є будь-яка сутність (фізична чи віртуальна), яка відчуває своє навколишнє середовище і виконує певні дії.

Фізичними називаються агенти, які безпосередньо через контролери контактують з зовнішнім середовищем та частинами власної системи[3].

Віртуальними називаються агенти, які через програмне забезпечення, яке тільки отримує дані від давачів, надсилає дані на сервер і при отриманні результату надсилає завдання фізичному агенту[4].

Часто агентами є поєднання фізичної та віртуальної складової. Використавши дану інформацію, можна сформулювати більш точне визначення: «Автономними агентами є обчислювальні системи, що включені в деяку складну динамічну систему, які контактують з навколишнім середовищем через сенсори, давачі, надсилаючи дані на сервер через віртуальну складову та виконують отримані вказівки»[3]. На рис.1 зображено схему функціонування агента.

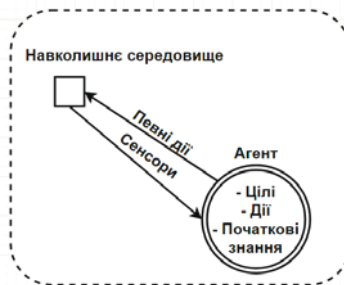


Рис.1. Схема функціонування агента [7]

Окрім сенсорних входів, дій та цілей агент може включати знання домену (знання про особливе середовище або проблеми, що підлягають вирішенню).

Ці знання можуть бути алгоритмічними, на основі методів штучного інтелекту, евристики тощо. Поняття про навколишнє середовище включає в себе фізичну систему, операційну систему, інтернет, або, можливо, деякі з цих систем об'єднані.

Якщо агент одночасно реагує на зміни у навколишньому середовищі та перетворює отримані сенсорні дані на певну дію, цей агент відомий як реактивний (іноді називається рефлекторний агент). Реактивні агенти[1] зазвичай не зберігають внутрішнього стану, після отримання будь-яких даних агент одразу впливає на навколишнє середовище. З іншого боку, якщо агент підтримує внутрішній стан і передбачає наслідки своїх дій, цього агента називають агентом, що навчається[1]. На рис. 2 зображено функціональну схему реактивного агента, а на рис. 3 зображено функціональну схему агента, що має властивість навчатись. Першим кроком розроблення мультиагентної системи є вибір властивостей агентів. Потрібно чітко розуміти, що повинні робити агенти і чи потрібна їм властивість саморозвитку. Саме для цього потрібно розуміти, якими властивостями володіють той чи інших агент.



Рис.2. Функціональна схема реактивного агента



Рис.3. Функціональна схема агента, що навчається

Агентів зазвичай класифікують відносно їх властивостей та завдань, які вони мають виконувати. В таблиці 1 наведено декілька властивостей агентів.

Властивість	Характеристики
Реактивний	Вчасно реагує на зміни в навколишньому середовищі.
Автономний	Самостійно контролює над своїми діями.
Цілеспрямований	Діє в першу чергу відносно цілей, і тільки тоді відносно навколишнього середовища.
Тимчасово безперервний	Безперервно виконує завдання.
Комунікативний	Комунікує з іншими агентами.
Навчальний	Змінює свої дії відносно попереднього досвіду.
Мобільний	Здатний перемістити себе з одного середовища в інше.
Гнучкий	Не всі дії запрограмовані.

2. Основні властивості мультиагентної системи

Виясвивши основні властивості агентів – потрібно зрозуміти, що таке мультиагентна система і якими властивостями вони володіють. Мультиагентні системи – це потужний інструмент за допомогою якого можна вирішувати завдання, які неможливо, або не вигідно виконати за допомогою одного агента. Мультиагентні системи володіють наступними властивостями[5]:

- Автономністю – здатність функціонувати без втручання людини, контролюючи свої дії та внутрішній стан.
- Соціальністю – здатність функціонувати в співтоваристві агентів і обмінюватись з ними повідомленнями з допомогою деякої мови комунікації.
- Реактивністю – здатність сприймати стан середовища і своєчасно реагувати на зміни в заданому середовищі.
- Внутрішньою активністю – здатність проявляти ініціативу, тобто не тільки реагувати на зовнішні події, а й генерувати цілі і діяти раціонально для їх досягнення.

Той факт, що агенти в рамках МАС працюють разом, означає, що така співпраця між собою є індивідуальною для кожної системи. Проте концепція співпраці в мультиагентних системах є найбільш складною частиною усіх МАС і вона є більш проблематичною, ніж у випадку з агентами, що робить дані системи складними та індивідуальними.

Мультиагентні системи називаються незалежними[15], якщо кожен агент переслідує свої цілі незалежно один від одного. МАС називаються дискретними, якщо вони є незалежними і цілі агентів не мають відношення один до одного. Дискретні мультиагентні системи[12] не передбачають співпраці, проте агенти можуть співпрацювати для певної цілі і після її виконання повертаються до своїх попередніх завдань. Співпраця в рамках

МАС може бути реалізована трьома способами[14]:

- За явним дизайном (конструктор агентів навмисно розробляє поведінку агента так, що співпраця відбувається).
- Шляхом адаптації (індивідуальні агенти навчаються співпрацювати).
- Шляхом еволюції (кооперація окремих агентів розвивається через якусь еволюційний процес).

Після вибору властивостей агентів, наступним кроком проектування системи є вибір способу комунікації агентів та створення в системі можливості розвитку комунікації.

Основними перевагами мультиагентних систем є їх надійність та масштабність[10]. Надійність відноситься до здатності розділяти контроль і обов'язки між агентами в рамках МАС так, що система може терпіти невдачі одного або кількох агентів. Масштабність багатоагентної системи походить від її модульності (простіше додати нових агентів з власними завданнями до МАС ніж додавати нові можливості до монолітної системи).

Недоліком мультиагентних систем можна віднести їх індивідуальність[16]. Практично кожне завдання МАС потребує індивідуального способу вирішення завдання.

3. Класифікація мультиагентних систем

На сьогоднішній день існує нескінченна кількість симуляторів, ігор, систем, які спроектовані за допомогою основних принципів мультиагентних систем. Всі системи мають свої переваги та недоліки, тому прийнято їх класифікувати за певними властивостями та завданнями які стоять перед мультиагентною системою. Багатоагентні системи класифікують на:

Дискретно незалежні мультиагентні системи[7]. Цей тип мультиагентних систем зустрічається в середовищах, які дають змогу розв'язувати завдання без комунікації агентів. Як приклад такого типу, ми можемо використати два агенти (контролери), що управляють синхронним генератором в енергосистемі: автоматична напруга регулятор(AVR) і регулятор швидкості. У них різні цілі, які не мають відношення один до одного[8]. Мета AVR полягає в тому, щоб зберегти напругу на терміналі за заданим значенням, а ціль регулятора швидкості – це зберегти кутувий швидкість при синхронному значенні.

Незалежні МАС без налагодженої співпраці[7]. В цьому випадку агенти розробляються самостійно і кожен окремий агент проводить свої власні цілі незалежно від інших. Важливо підкреслити, що в даних мультиагентних системах, агенти не знають про існування інших агентів, і кожен агент розглядає інших як частину навколишнього середовища. Оскільки агенти існують в одному середовищі і сприймають один одного як невідомі цілі середовища, агенти можуть виконувати одну ціль не знаючи про співпрацю, але також можуть і заважати один одному виконувати завдання. Співпраця між незалежними агентами може виникнути двома способами[9]:

1) Окремі агенти можуть отримати в якості сенсорних даних інформацію про іншого агента. 2) Окремі агенти можуть отримати в якості сенсорних даних інформацію про виконане завдання невідомим агентом і таким чином виконувати інше завдання. Даний тип мультиагентних систем використовується у системех, де агенти виконують однакові завдання. Прикладом такої системи може бути система очищення повітря від певної речовини. Кожен агент виконує завдання по очищенню повітря у своїй зоні, і після того як він завершить завдання в своїй зоні, він перейде до сусідньої зони заданого навколишнього середовища. Таким чином утвориться незалежна МАС без налагодженої співпраці.

Кооперативні мультиагентні системи[7]. Кооперативні МАС – це системи, які до виконання завдання знають про присутність у системі та навколишньому середовищі інших агентів та різними способами комунікують з ними[6]. В свою чергу кооперативні МАС можна розділити на чотири підкласи[9]:

1. Гомогенні МАС без властивості комунікації.
2. Гомогенні МАС з властивістю комунікації.
3. Гетерогенні МАС без властивості комунікації.
4. Гетерогенні МАС з властивістю комунікації.

Гомогенні МАС без комунікації складаються з різних агентів з однаковою структурою. Всі індивідуальні агенти мають однакові цілі, знання та область дії. Єдиною відмінністю між окремими агентами є їхні фактичні дії, які вони вживають, іншими словами, вони знаходяться в різних місцях посеред навколишнього середовища. На рис. 5 зображено структуру гомогенної мультиагентної систему без комунікації.

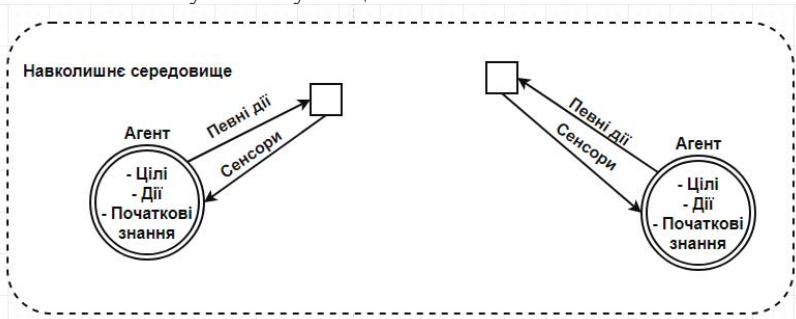


Рис.5. Гомогенна МАС без комунікації [7]

Індивідуальні агенти в цій МАС приймають власні рішення стосовно будь-яких дій. Виконувати різні дії в цих МАС є необхідною умовою системи, окремі агенти є індивідуальними і при виконанні однакового завдання вони будуть діяти як один агент. На практиці агенти в гомогенних МАС мають мати різні сенсорні властивості і цілі, інакше вони будуть діяти як один. Прикладом такої системи може бути очищення повітря від декількох речовин[17]. Кожен агент має сенсори, які досліджують повітря на склад

певної шкідливої речовини і кожен з агентів знешкоджує певну речовину.

Агенти гомогенних МАС з властивістю комунікації можуть спілкуватися один з одним. За допомогою комунікації агенти можуть більш ефективніше координувати свої дії. На рис.6 зображено гомогенну МАС з властивістю комунікації.

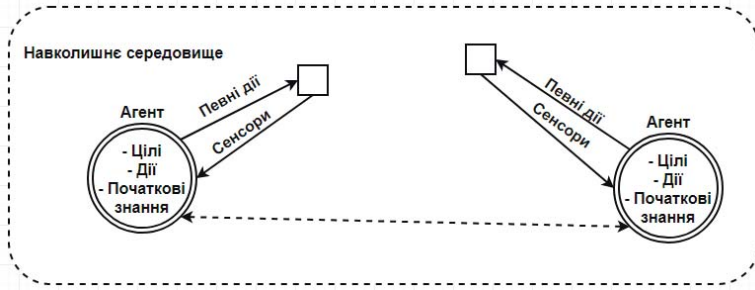


Рис.6. Гомогенні МАС з властивістю комунікації[7]

Зв'язок між агентами – це основне завдання, яке слід розглядати під час розроблення МАС. Наприклад агенти можуть комунікувати лише після зіткнення один з одним, або після виконання того чи іншого завдання. Прикладом даної системи є знешкодження поля від мін в системах оборони[4]. Ціль агентів однакова, а саме, очистити поле від мін, але один агент за допомогою сенсорів досліджує середовища, а інший агент знешкоджує ціль.

Під гетерогенною мультиагентною системою без властивості комунікації розуміється система, яка має різні цілі, які агенту потрібно виконати[6]. На рис. 7 зображено гетерогенну МАС без комунікації між агентами.

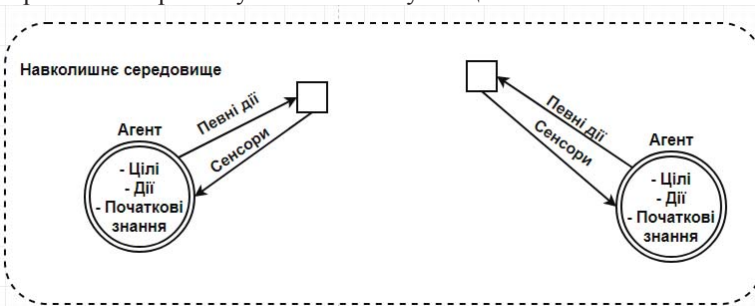


Рис.7. Гетерогенна МАС без комунікації[7]

Принципова різниця гетерогенних мультиагентних систем від гомогенних полягає в тому, що агенти обов'язково мають різні сенсорні властивості, тим вони обов'язково виконують різного роду завдання. Одним з найважливіших питань, які слід врахувати при розробці МАС такого типу є розподілення конкурентоспроможності агентів (потрібно врахувати складність виконання кожного з завдань так, щоб агенти рівномірно

виконувати різні цілі)[4].

Гетерогенні MAC з властивістю комунікації зображені на рис.8. Цей тип мультиагентних систем характеризується незалежністю та різновидом цілей агентів. Агенти в гомогенній MAC слід розміщати далеко один від одного оскільки вони можуть виконувати однакові функції, а гетерогенні в будь-якому випадку будуть виконувати різні дії, тому розміщення агентів неважливе.

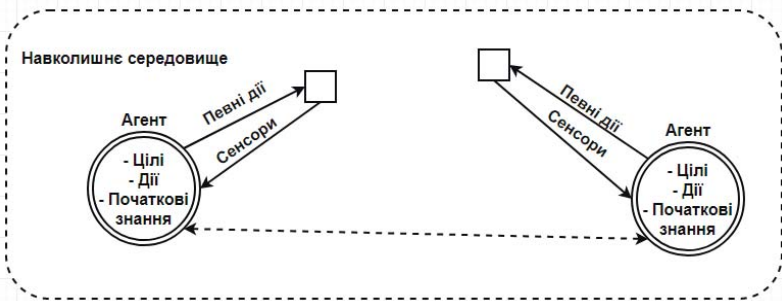


Рис.8. Гетерогенні MAC з властивістю комунікації[7]

Гетерогенні MAC системи з властивістю комунікації використовують найчастіше, оскільки їх можна використовувати в невідомих середовищах і ця система не буде втрачати своєї ефективності. Прикладом такої системи може бути система для дослідження інших планет[17]. Кожен агент має різні сенсорні властивості та комунікує один з одним створюючи певний звіт, який надсилається на Землю.

Проведена класифікація відображає, який вид мультиагентних систем слід використовувати в тій чи іншій ситуації, що дає змогу вибрати підходящу мультиагентну систему, відштовхуючись від завдань, які стоять перед системою.

4. Аналіз середовищ розроблення мультиагентних систем

Середовищем розроблення MAC є агентні платформи[9]. За минуле десятиліття було розроблено декілька програмних реалізацій агентних платформ, кожна з яких має свої особливості, переваги і недоліки. Найбільш популярними є JADE, FIPA-OS, AOS, ZEUS, KADOMA, NOMADS, ARA, AGLETS, GRASSHOPPER, TRACY, AJANTA, LEAP, JACK, SEMOA. Деякі з них існують у вигляді комерційних проєктів (таких як JACK) або проєктів, які позиціонують, як проєкти з відкритим вихідним кодом (JADE, ZEUS і ін.).

У 90-х роках з'явилася необхідність створення єдиних стандартів на розробку агентних систем[8]. У цей період були засновані дві організації MASIF (Mobile Agent System Interoperability Facility) і FIPA (Foundation of Physical Intelligent Agents). В результаті їх роботи з'явилися стандарт MASIF і стандарт FIPA, що дають рекомендації по створенню систем мобільних

агентів і систем інтелектуальних агентів.

JADE повністю написана на мові програмування Java з використанням таких можливостей як Java RMI, Java CORBA IDL, Java Serialization і Java Reflection API. Вона спрощує розробку мультиагентних систем завдяки використанню FIPA-специфікацій і за допомогою ряду інструментів (tools), які підтримують фази виправлення помилок (debugging) і розгортання (deployment) системи. Ця Агентна платформа може поширюватися серед комп'ютерів з різними операційними системами, і її можна конфігурувати через віддалений GUI-інтерфейс. Процес конфігурації цієї платформи досить гнучкий: її можна змінити навіть під час виконання програм, для цього необхідно просто перемістити агентів з однієї машини на іншу. Єдиною вимогою цієї системи є установка на машині Java Run Time 1.2. Комунікаційна архітектура пропонує гнучкий і ефективний процес обміну повідомлення, де JADE створює чергу і управляє потоком ACL-повідомлень, які є приватними для кожного агента. Агенти здатні звертатися до черги за допомогою комбінації декількох режимів своєї роботи: блокування, голосування, перерва в роботі і зіставлення з еталоном (що стосується методів пошуку). На даний момент в системі використовується Java RMI, event-notification, і ПОР, але легко можна додати і інші протоколи. Також передбачена можливість інтеграції SMTP, HTTP і WAP[7]. Більшість комунікаційних протоколів, які вже визначені міжнародною спільнотою розробників агентних середовищ, доступні і можуть ілюструватися на конкретних прикладах після визначення поведінки системи і її основних станів. SL і онтологія управління агентами також імплементовані разом з підтримкою певних користувачем тематичних мов, а також онтології, які можуть бути імплементовані і зареєстровані агентами і використовувати ці параметри. З метою суттєвого розширення працездатності JADE, передбачена можливість інтеграції з JESS і Java-оболонкою CLIPS. JADE використовується низкою компаній і академічних груп. Серед них можна виділити такі відомі: BT, CNET, NHK, Imperial College, IRST, KPN, University of Helsinki, INRIA, ATOS та багато інших.

На сьогоднішній день існує декілька платформ для реалізації мультиагентних систем, симуляторів та ігор. Одною з найпопулярніших та найефективніших є платформа JADE. Проведений детальний аналіз найпопулярнішої платформи JADE для спрощення розроблення програмної частини мультиагентної системи.

Висновок

Мультиагентна система це не тільки скінченна кількість агентів та комунікація між агентами - це потужний інструмент, який вирішує завдання в середовищах, де окремий агент не може виконати завдання, яке поставлене перед системою. Проведений аналіз спрощує користувачеві спроектувати найефективнішу систему, симулятор, гру в відповідності від завдань, які стоять перед користувачем. Проаналізувавши види агентів, способи комунікації агентів, класифікацію агентів та середовища розроблення

мультиагентних систем – користувач може оцінити всі плюси і мінуси і спроектувати найефективнішу систему.

- [1] Lytvyn V., Vysotska V., Pukach P., Vovk D. “Method of functioning of intelligent agents, designed to solve action planning problems based on ontological approach”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* vol. 3, no. 2, pp. 11-17, 2017.
- [2] П. Кравець “Мультиагентна ігрова модель прийняття рішень з корельованими стратегіями”, *Комп’ютерні науки та інформаційні технології: Вісник НУ “Львівська політехніка” № 744, Україна 2012.* – С. 159- 168.
- [3] П. Кравець “Ігрова модель централізованого прийняття рішень в мультиагентній системі”, *Тези Міжнародної наукової конференції “Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту”, Херсон - Залізний Порт, 2017– С. 202- 163.*
- [4] Fudenberg D. *The Theory of Learning in Games* / D. Fudenberg, D. K. Levine. – Cambridge, MA: MIT Press, 1998. – 292 p.
- [5] Мулен Э. *Теория игр с примерами из математической экономики* / Э. Мулен. – М.: Мир, 1985. – 200 с.
- [6] H. Ni, G. T. Heydt, L. Mili, “Power System Stability Agents Using Robust Wide Area Control”, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 17, no. 4, pp. 1123-1131, 2002.
- [7] Осипов Г.В. *Информационная динамика: синхронизация в сложных осцилляторных сетях* / Г. В. Осипов // *Учебно-методические материалы по программе повышения квалификации «Информационные технологии и компьютерное моделирование в прикладной математике».* – Нижний Новгород, 2007. – 102 с.
- [8] Fudenberg D., Levine D.K. “*The Theory of Learning in Games*”. MIT Press, 1998.
- [9] Gerhard Weiss and Sandip Sen, editors. “*Adaptation and Learning in Multiagent Systems*”. Springer Verlag, Berlin, 1996.
- [10] Wooldridge M. *An Introduction to Multiagent Systems*. John Wiley & Sons (Chichester, England), 2002.
- [11] Goldberg D.E. “*Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*.” – Addison-Wesley, 1989
- [12] S. Russel, P. Norvig, “*Artificial intelligence – A modern approach*”, Prentice Hall, 1995. p.520.
- [13] P. Stone, M. Veloso, “ *Multiagent systems: A survey from a machine learning perspective*”, *Autonomous Robots*, vol. 8, no. 3, pp. 345–383, 2000.
- [14] C. Rehtanz (editor), “ *Autonomous systems and intelligent agents in power system control and operation*”, Springer, 2003.p. 320.
- [15] J. Jung, C. C. Liu, S. L. Tanimoto, V. Vittal, “ *Adaptation in Load Shedding under Vulnerable Operating Conditions*”, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 17, no. 4, pp. 1199-1205, 2002.
- [16] H. Ni, G. T. Heydt, L. Mili, “ *Power System Stability Agents Using Robust Wide Area Control*”, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 17, no. 4, pp. 1123-1131, 2002.
- [17] V. Krishna, V. C. Ramesh, “ *Intelligent Agents for Negotiations in Market Games, Part I: Models*”, *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 13, no. 3, pp. 1103-1108, 1998.
- [18] C. C. Liu, J. Jung, G. T. Heydt, V. Vittal, A. G. Phadke, “ *The strategic power infrastructure defense (SPID) system: A conceptual design*”, *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 20, no. 4, pp. 40-52, 2000.
- [19] K. P. Sycara, “ *Multiagent systems*”, *AI Magazine*, Summer 1998, pp. 79-92, 1998.

- [20] H. F. Wang, H. Li, H. Chen, "Coordinated Secondary Voltage Control to Eliminate Voltage Violations in Power Systems Contingencies", *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 18, no. 2, pp. 588-595, 2003.
- [21] Montes-y-Gómez M., Gelbukh A., López-López A. *Comparison of Conceptual Graphs. Mexican International Conference on Artificial Intelligence MICA I 2000, (Acapulco, Mexico, April 2000) // Lecture Notes in Artificial Intelligence. – 2000. – № 1793. – Springer-Verlag.*
- [22] Месарович М. *Теория иерархических многоуровневых систем / Месарович М., Мако Д., Такахара И. – М. : Мир, 1973. – 344 с.*
- [23] *Flexible Comparison of Conceptual Graphs. 12th International Conference on Database and Expert Systems Applications DEXA 2001, (Munich, Germany, September 2001) / Montes-y-Gómez M., Gelbukh A., López-López A., Baeza-Yates R. // Lecture Notes in Computer Science. – 2001. – Vol. 2113. – SpringerVerlag.*

Поступила 16.10.2017р.

УДК 621.3

М.Б.Поліщук¹, к.т.н., Г.Н.Левицька¹, викладач,
О.В. Тимченко², д.т.н, професор

КОНЦЕПЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ НАВЧАННЯ ТА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ НА УПРАВЛІННЯ НАВЧАЛЬНИМ ПРОЦЕСОМ

Вступ

Процеси розв'язання задач і проблем є основою підсвідомої і свідомої компонент інтелектуальної діяльності, а тому важливим є формування концепції ідентифікації механізмів розумової (інтелектуальної) діяльності особи, основою якої є профорієнтоване навчання в ВПУ і Вищій школі на базі відповідних програм, які охоплюють у своїй структурі організацію когнітивних моделей учня. Виходячи з цього, необхідно розробити схему організації предметної області знань профорієнтованої на виробничу діяльність та інформаційні характеристики процедур навчання [1-3].

Інтелектуалізації процесів предметно-орієнтованого навчання

Для інтелектуалізації процесів предметно-орієнтованого навчання осіб, приймаючих управлінські рішення в системах автоматизованого керування навчальним закладом, необхідно підняти рівня професійної підготовки особи (цілеорієнтованої інтелектуальної структури), та використовувати методи і моделі системного аналізу, логічні процедури та сучасну теорію

¹ Львівське вище професійне училище комп'ютерних технологій та будівництва

² Українська академія друкарства, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie