

РОЗВИТОК СИСТЕМИ ДЕРЖАВНОГО УПРАВЛІННЯ В УКРАЇНІ

Кобзев Ігор Володимирович,

к.т.н., доц.,

*доцент кафедри інформаційних технологій і систем управління,
Харківський регіональний інститут державного управління
Національної академії державного управління при Президентові України,
м. Харків*

ORCID 0000-0002-7182-5814;

Мельников Олександр Федорович,

д.держ.упр., проф.,

*професор кафедри інформаційних технологій і систем управління,
Харківський регіональний інститут державного управління
Національної академії державного управління при Президентові України,
м. Харків*

ORCID 0000-0001-6856-8362;

Орлов Олександр Валентинович,

д.держ.упр., проф.,

*завідувач кафедри інформаційних технологій і систем управління,
Харківський регіональний інститут державного управління
Національної академії державного управління при Президентові України,
м. Харків*

ORCID 0000-0001-8995-7383

УДК 351.824.5:004.031.2

doi: 10.34213/tp.20.03.01

ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНИХ СИСТЕМ У ПУБЛІЧНОМУ УПРАВЛІННІ

Показано, що складність і значущість завдань, що стоять сьогодні перед публічним управлінням, вимагають застосування нових сучасних інструментів вирішення їх. Застосування мультиагентних технологій і систем дозволить значно збільшити ефективність публічного управління, перш за все за рахунок збільшення простору винайдення рішень та зменшення ролі людського фактору. До інтелекту людини має бути додано ще й інтелект агента, який здатен використовувати “старі” і будувати “нові” знання для виконання встановленого завдання в заздалегідь невідомих йому ситуаціях і проблемних галузях, де цей агент застосовується як активний виконавець завдань та є окремим елементом системи інтелектуальної підтримки прийняття рішення на основі технологій штучного інтелекту і мультиагентних систем.

Ключові слова: публічне управління, мультиагентні технології, мультиагентні системи, прийняття управлінських рішень, децентралізоване управління.

Постановка проблеми. У попередні часи підвищення ефективності системи здійснювалося насамперед за рахунок використання її здатності до навчання – адаптації. Адаптація, як можливість системи реагувати на зміни обставин, стала однією з ключових ідей управління. З 80-х рр. ХХ ст. великою популярністю користуються концепції систем, що “навчаються”. Розроблені на базі їх моделі та методи мають високу евристичну цінність

© Кобзев І. В., Мельников О. Ф., Орлов О. В., 2020

і дозволяють глибше й більш плідно реалізовувати адаптаційні процеси – інноваційне управління. Сьогодні інновації здебільшого розуміють як процес упровадження нових технологій у технології виробництва, значно рідше йдеться про застосування нових технологій в управлінні. Зараз, коли саме управління стає не тільки найбільш вагомим засобом виробництва, але й вирішальним чинником суспільного розвитку, інновації мають стати необхідним складником управління, а процес управління має перетворитися на перманентний інноваційний процес. Хоча концепція постійного вдосконалення систем управління і залишається в центрі уваги, потенціал систем, що навчаються і що дістають на цьому шляху відповідних змін, ніколи не перевищить можливості систем, що ще й активно перетворюють само природне або соціальне середовище відповідно до поставлених цілей. Для вирішення саме таких завдань управління в розподіленій взаємодії в різних царинах науково-практичної діяльності в останнє десятиліття все частіше застосовуються мультиагентні системи і технології. В основі мультиагентного підходу лежить поняття мобільного програмного агента, який функціонує як самостійна спеціалізована комп'ютерна програма або “активний” (адаптивний) елемент системи штучного інтелекту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У глобальному світі все більшу частку невиробничих втрат становлять так звані транзакційні збитки або витрати. З переходом на інформаційну економіку ці збитки так чи інакше буде пов'язано з процесами пошуку та перерозподілу інформації.

Це неминуче буде призводити до намагання для зменшення цих витрат перекласти ці функції на системи штучного інтелекту, у якому сенсі копіюючи, а в якому і розвиваючи існуючу бюрократичну систему управління. Одним із перспективних напрямів розвитку систем штучного інтелекту є так звані інтелектуальні (програмні) агенти (у комп'ютерних науках програмний агент – це програма, яка вступає у відносини посередництва з користувачем або іншою програмою, а саме слово “агент” походить від латинського *agere* (робити) і означає угоду виконувати дії від імені та в інтересах кого-небудь), об'єднані в мультиагентні системи (МАС).

Суть використання мультиагентних технологій полягає у принципово новому методі вирішення завдань. На відміну від класичного способу, коли проводиться пошук деякого чітко визначеного (детермінованого) алгоритму, що дозволяє знайти найкраще вирішення проблеми, в мультиагентних системах рішення випливає з результату взаємодії множини самостійних цілеспрямованих програмних модулів – програмних агентів. Ключова особливість в цьому випадку – динаміка і непередбачуваність процесу прийняття рішень. На практиці це означає, що оптимізація рішення досягається за рахунок численних інтерактивних взаємодій, які практично неможливо відстежити. Та це і не є потрібним, оскільки агентам ставлять цілі, яких вони повинні досягати, але не визначають жорстких сценаріїв їхнього досягнення.

Ці сценарії формуються й виконуються агентами самостійно. На кожному кроці агенти розглядають зміни інформації та стан системи, що “обслуговується”, і реагують на непередбачувані події (підвищення ступеня невизначеності, незапланована зміна ситуації, різноманітні збої). Реакція може бути самостійною або здійснюватися у взаємодії з оператором. Таким чином, мультиагентний “інтелект” – це не спеціально сконструйований унікальний блок – колективний “вирішувач” завдань певного класу, доданий до

системи – адаптивна система, яка самостійно “відшукує” найкращі шляхи вирішення поставленого завдання [11].

Метою статті є аналіз можливостей та окреслення сфери використання мультиагентних технологій у публічному управлінні.

Виклад основного матеріалу До появи відповідних інформаційних технологій реалізація універсальної ідеї підвищення ефективності управління за рахунок делегування та розподілення повноважень забезпечувалась “агентом” – людиною, якій передано частину повноважень – як у виконанні конкретних функцій, так і у прийнятті рішень у межах компетенцій. Агенти представляли свої компанії, за дорученням яких вони взаємодіяли як між собою, так і з контрагентами інших компаній. Підкреслимо, що такі агенти могли існувати і взаємодіяти як в ієрархічній системі, що включає статичну структуру централізованого управління, так і в розподілених системах, у яких знання, ресурси і повноваження розподілялися між досить “самостійними” агентами, але існує й загальний орган командного управління, який приймає рішення в критичних або конфліктних ситуаціях. Підкреслимо, що, на відміну від звичайної бюрократії, специфіка об’єкт-орієнтованого програмування не передбачає “вузької” функціональної орієнтації програмного агента на вирішення якоїсь однієї окремої частини загального завдання, бо немає жодного обмеження для забезпечення його універсальної цілісності й автономності [5–11].

Дійсно, колись, коли ресурси обчислювальної техніки були вкрай обмеженими, виділяли сім типів агентів, які здійснювали окремі, специфічні функції:

- спільні агенти,
- інтерфейсні агенти,
- мобільні агенти,
- інформаційні/інтернет-агенти,
- реактивні агенти,
- гібридні агенти,
- розумні (інтелектуальні) агенти.

Тоді як по-справжньому інтелектуальний агент знаходиться на перетині усіх трьох множин (рисунок).

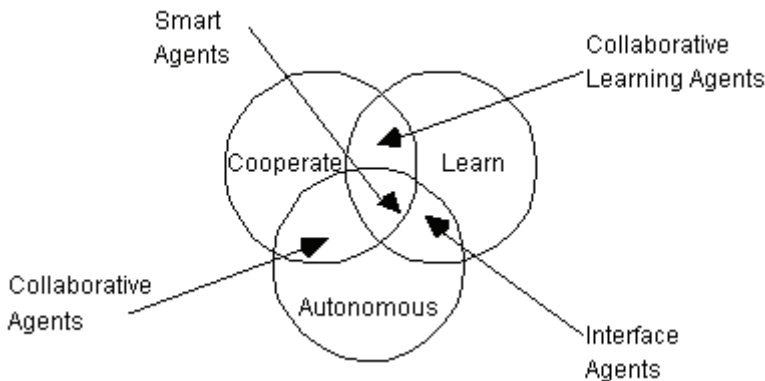


Рисунок. Часткове представлення типології агента [5]

Зараз, коли ресурсні обмеження менш критичні, кожен програмний агент може мати в себе потенціал для виконання усіх потрібних ролей, на відміну від таких децентралізованих організацій у живій природі, як колонії комах, бджіл або мурах, де спеціалізація відіграє суттєву роль. Відповідно до завдань, що вирішуються, у мультиагентній системі (МАС) будуть лише змінюватися параметри налаштування агента/агентів, коли, наприклад, “автономність” буде зменшуватися для збільшення “кооперації” або “швидкість навчання” зменшуватися для забезпечення збільшення загальної стабільності системи.

Загальні принципи існування агента включають такі три основні фази:

- “завантаження” – отримання даних і сприйняття їх – побудова моделі сцени у створеному образі середовища, де вирішуються повні завдання;
- “синтез” – аналіз і формування сценарію дій для досягнення поставлених цілей;
- “дія” – виконання наміченого сценарію з постійним порівнянням очікування і результатів.

У МАС реалізація цих фаз передбачає одночасне функціонування багатьох агентів, що мають не тільки різні, часто протилежні, цілі, але й запрограмовані на різні стратегії досягнення їх. Існує багаторазово підтверджена гіпотеза про те, що при відповідному налаштуванні системи штрафів та заохочень уся система зможе досягнути принаймні локального оптимуму (компромісу).

Ще одна важлива особливість МАС – можлива орієнтація на виявлення суперечностей під час переговорів між реальними агентами і пошук консенсусу з “суперечних” питань. Такий консенсус часто буває необхідний при виконанні складних завдань в умовах невизначеності, коли потрібне узгодження з багатьма параметрами, які можуть змінюватися в ході досягнення мети [2; 3]. У будь-якій системі діяльності типовими є суперечності між знаннями і знаряддями, цілями і засобами діяльності, сценаріями дій індивіда і колективу і низка інших. Типологія цих суперечностей початково задається і далі постійно поповнюється у відповідній базі знань агента або системи агентів. Тобто МАС задає програмну реалізацію середовища, що може моделювати добре відомі задачі з теорії ігор, до яких, як відомо, може бути зведено багато життєвих ситуацій. Моделювання таких класичних прикладів, як “координаційна гра”, “дилема ув’язненого”, “мережевий трафік”, “змагальна гра”, дозволяють досягати рівноваги за Нешом за допомогою лічених кроків [1].

Під час побудови МАС, що використовуються при вирішенні державних, економічних і складних соціальних ситуацій, у цей процес мають залучатися всі потенційні учасники кооперації. Природно, що різні стратегії відповідають не тільки різним аспектам задач, що розв’язуються, а й визначають відповідні інтереси різних соціальних актантів. Часто виникає ситуація, коли управлінське рішення має узгодити інтереси різних учасників управлінського процесу. Кожний окремий учасник буде застосовувати ту стратегію, яка найбільше відповідає його баченню сутності завдання, його особистій меті. Для кожного з них кращим буде те рішення, яке найбільше задовольняє його інтереси. У цьому разі завдання прийняття рішення виходить на новий якісний рівень – узгодження інтересів. Тобто після того, як кожен учасник сформує для себе свій частковий припустимий результат, необхідно мати процедуру їхнього багатовимірного узгодження.

Нехай необхідно сформулювати рішення X із області припустимих значень Ω_x . Де кожне обране рішення оцінюється сукупністю параметрів f_1, f_2, \dots, f_k , які можуть розрізнятися своїми коефіцієнтами відносної важливості $(\lambda_1 \dots \lambda_k)$ та відповідають інтересам окремих актантів. Параметри $f_q, q = 1 \dots k$ називають частковими або локальними критеріями, з яких утворюється інтегральний або векторний критерій оптимальності $F = \{f_q\}$. Коефіцієнти $\lambda_q, q = 1, k$ утворюють вектор важливості $\Lambda = \{\lambda_q\}$. Наголосимо, що кожен локальний критерій характеризує деяку локальну мету прийнятого рішення.

Оптимальне рішення X повинне задовольняти співвідношенню:

$$\bar{F} = F(\bar{X}) = \underset{X \in \Omega_x}{opt}[F(X), \Lambda],$$

де F – оптимальне рішення інтегрального критерію;

opt – оператор оптимізації, він визначає обраний принцип оптимізації.

Діапазон припустимих рішень Ω_x може бути розбито на дві непересічні частини:

Ω_x^C – діапазон згоди, у якому якість рішення може бути поліпшено односторонньо за всіма локальними критеріями або не знижено за рівнем кожного з критеріїв;

Ω_x^K – діапазон компромісів, у якому поліпшення якості рішення за одними локальними критеріями призводить до погіршення якості рішення за іншими [4, с. 163–164].

Очевидно, що оптимальне рішення може належати тільки діапазону компромісів, тому що в діапазоні згоди рішення може й повинно бути поліпшено за відповідними критеріями. Виділення діапазону компромісу звужує діапазон можливих рішень, але для вибору єдиного варіанта рішення необхідно обрати схему компромісу, тобто реалізувати оператор оптимізації opt .

Основними схемами компромісу є:

- схема рівномірності;
- схема справедливої поступки;
- схема виділення одного критерію, що оптимізується;
- схема послідовної поступки.

Саме ці схеми доцільно обрати для моделювання процесу переговорів між агентами в мультиагентній системі, де немає необхідності спеціально створювати віртуальний круглий стіл. Такий “круглий стіл” є іманентним складником цієї системи.

Алгоритмічно процедура розгляду й узгодження рішень у ході дії круглого столу покроково реалізується в такий спосіб:

1) конфігурується початкова сцена загального для всіх агентів світу дій і задаються цілі (завдання), загальні ресурси та обмеження;

2) кожен з агентів “зчитує” стан сцени і запускає процес сприйняття, планування дій і виконання їх – при цьому завантажуються необхідні світи знань і будується модель вихідної сцени в цих світах; перший з агентів, спланувавши свою діяльність, робить перший хід, пропонуючи першу дію зі свого сценарію;

3) якщо дія задовольняє загальним обмеженням і не викликає суперечностей із планами інших агентів, її вважають попередньо прийнятною. Якщо порушено загальні обмеження, агент зобов'язаний поміняти свої плани, якщо ж ці обмеження не порушено, необхідно вирішити, хто буде змушений змінювати свої плани: перший агент або інші, які зробили свої ходи раніше;

4) чергові агенти роблять свої ходи, виконуючи чергові дії зі своїх сценаріїв. Якщо який-небудь агент змушений поміняти своє рішення на будь-якому ході, робиться покроковий “відкат” усього процесу переговорів, і для цього етапу “переговорів” увесь процес узгодження починається знову;

5) процес узгодження закінчується, коли досягнуто заданої мети обговорення.

Очевидно, що цю процедуру не пов'язано з можливим перебором усіх варіантів рішень. Швидкість її збіжності залежить від глибини бази знань і налаштування інтелектуальних здібностей агентів.

Наприклад, із розвитком систем автономного транспорту ми будемо бачити систему з мільйонів одноманітних агентів, що намагаються якнайшвидше виконати своє замовлення на перевезення, та умовного “супервайзера”, який коригує їхні дії з метою забезпечення найбільш ефективного і безпечного трафіку в цілому.

Відомо, що найбільш актуальними проблемами для публічного управління є проблеми погодження різноманітних проєктів, коли стикаються інтереси як окремих суб'єктів, так і різних соціальних груп. Нескладно уявити собі обсяг погоджень, виконуваних, наприклад, під час оцінювання родовищ корисних копалин і необхідності їхнього видобутку, та транспортування, коли за круглим столом необхідно зібрати геофізика і геодезиста, спеціаліста з проєктування трубопроводів і доріг і будівельника, економіста і соціолога, а також представника з охорони навколишнього середовища, представників місцевих громад та громадських організацій. Навіть відкидаючи думку про навмисне затягування таких узгоджень заради забезпечення корупційного складника, зрозуміло, що навіть у разі повної добросовісності й порядності всіх суб'єктів переговорів – “геофізик” і “геодезист”, “спеціаліст із проєктування трубопроводів і доріг” і “будівельник”, “економіст” і “соціолог”, а також “фахівець з охорони навколишнього середовища” – на таке узгодження знадобиться досить багато часу. При моделюванні подібних процесів за допомогою спеціалізованої МАС пошук рішення будуть вести відповідні програмні агенти – “геофізик” і “геодезист”, “спеціаліст з проєктування трубопроводів і доріг” і “будівельник”, “економіст” і “соціолог” тощо, а відповідним фахівцям, необхідно буде лише формалізувати свої інтереси та граничні обмеження.

Архітектура та алгоритм функціонування такої МАС – інтелектуальної системи підтримки узгодженої кооперативної роботи – має моделювати діяльність і міркування фахівців або менеджерів з метою виявлення потенційних конфліктів між ними і знаходження узгодженого рішення.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Із прикладів, що наведені вище, бачимо, що складність і значущість завдань, що стоять сьогодні перед публічним управлінням, вимагають застосування нових сучасних інструментів вирішення їх. Застосування мультиагентних технологій і систем дозволить значно збільшити ефективність публічного управління, перш за все за рахунок збільшення простору винайдення рішень та зменшення ролі людського фактору. Користувачі

системи (менеджери і фахівці), оперуючи відповідними елементами управління, задають порядок розгляду ситуації, розставляють пріоритети, узгодять варіанти і виберуть найкраще, на їхній погляд, рішення. Усі операції здійснюються шляхом активізації відповідних процесів, що відкриває для кожного об'єкта його індивідуальне поле дій. При цьому, наприклад, можна в ручному режимі здійснити стандартні операції – формування оферти, взяття кредиту, закупівлю сировини і комплектуючих, логістичні операції, придбання акцій будь-якого підприємства тощо.

До інтелекту людини має бути додано ще й інтелект агента, який здатен використовувати “старі” і будувати “нові” знання для виконання встановленого завдання в заздалегідь невідомих йому ситуаціях і проблемних галузях, де цей агент застосовується як активний виконавець завдань та є окремим елементом системи інтелектуальної підтримки прийняття рішення на основі технологій штучного інтелекту і мультиагентних систем.

Список використаних джерел

1. Авинаш Д., Скит, Рейли Д. Стратегические игры / пер. с англ. Н. Яцюк ; науч. ред. А. Минько. Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2017. 319 с.
2. Информационные технологии : в 2 т. Т. 2 / отв. ред. В. В. Трофимов. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2020. 390 с.
3. Кияев В. И., Герасимов Р. В. Интеллектуальный CRM на базе мультиагентного подхода. *Стохастическая оптимизация в информатике*. Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2012. Т. 8, вып. 1. С. 50–94.
4. Орлов О. В. Інноваційні процеси в державному управлінні : монографія. Харків : Вид-во ХарPI НАДУ “Магістр”, 2012. 248 с.
5. Hyacinth S. Nwana Software Agents: An Overview. *Knowledge Engineering Review*, Vol. 11, No. 3, pp. 1–40, Sept 1996. Cambridge University Press, 1996.
6. James D. Brooks, Nicholas Wilson, and Ron Sun. The effects of performance motivation: A computational exploration of a dynamic decision making task. *Proceedings of the First International Conference on Brain-Mind*, p. 7–14, 2012.
7. Murray R. M., Astrom K. J., Boyd S. R., Brockett R. W., Stein G. Future directions in control in an information-rich world. *IEEE Control Systems*. Vol. 23. No. 2. 2003. P. 20–33.
8. Ron Sun and Pierson Fleischer. A Cognitive Social Simulation of Tribal Survival Strategies: The Importance of Cognitive and Motivational Factors. Vol. 12. 2012 (doi:10.1163/15685373-12342077).
9. Sebastien Hélie and Ron Sun. Cognitive architectures and agents. In *Springer Handbook of Computational Intelligence*, pages 683–696. Springer Berlin Heidelberg, 2015 (doi:10.1007/978-3-662-43505-2_36).
10. Sebastien Helie and Ron Sun. Creative problem solving: A CLARION theory. In *The 2010 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2010. (doi:10.1109/IJCNN.2010.5596891).
11. Vittikh V. A. Multi-agentsystemsfor modeling of self-organization and cooperation processes. URL: <http://www.cs.brandeis.edu/dept/faculty/mataric/> (дата звернення: 17.08.2020).

References

1. Avinash, D., Skit, Reyli, D. (2017). *Strategicheskie igry*. A. Minko (Ed.). Moscow: Mann, Ivanov i Ferber [in Russian].
2. *Informatsionnyie tehnologii [Information technology]*. (Vols)1-2 Vol. 2 (2020). V.V. Trofimov (Ed.). Izd. 2-e, pererab. i dop. Moscow: Yurayt [in Russian].
3. Kiyayev, V.I., Gerasimov, R.V. (2012). *Intellektualnyiy CRM na baze multiagentnogo podhoda [Intelligent CRM based on a multi-agent approach]*. *Stokhasticheskaya optimizatsiya v informatike – Stochastic optimization in computer science, vol. 8, issue 1, 50–94* [in Russian].
4. Orlov, O.V. (2012). *Innovatsiyni protsesy v derzhavnomu upravlinni: [Innovative processes in public administration]* Kharkiv: Vyd-vo KharPI NADU “Mahistr” [in Ukrainian].
5. Hyacinth, S. Nwana (1996). *Software Agents: An Overview*. *Knowledge Engineering Review, Vol. 11, No 3, 1–40*, Sept. Cambridge University Press.

6. James, D. Brooks, Nicholas Wilson, and Ron Sun. (2012). The effects of performance motivation: A computational exploration of a dynamic decision making task. *Proceedings of the First International Conference on Brain-Mind*, 7–14.
7. Murray, R.M., Astrom, K.J., Boyd, S.R, Brockett, R.W., Stein, G. (2003). Future directions in control in an information-rich world. *IEEE Control Systems*, vol. 23, No. 2, p. 20–33.
8. Ron Sun and Pierson Fleischer. (2012). A Cognitive Social Simulation of Tribal Survival Strategies: The Importance of Cognitive and Motivational Factors, vol. 12. (doi:10.1163/15685373-12342077).
9. Sebastien Hélie and Ron Sun. (2015). Cognitive architectures and agents. In *Springer Handbook of Computational Intelligence*, p. 683–696. Springer Berlin Heidelberg (doi:10.1007/978-3-662-43505-2_36).
10. Sebastien Helie and Ron Sun (2010). Creative problem solving: A CLARION theory. In *The 2010 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)* (doi:10.1109/IJCNN.2010.5596891).
11. Vittikh, V.A. Multi-agentsystemsformodelingofself-organizationandcooperationprocesses. URL: <http://www.cs.brandeis.edu/dept/faculty/mataric>.

Kobzev I. V.,

PhD in Technical Sciences, Associated Professor, Associate Professor of Information Technology and Management Systems Department, KRI NAPA, Kharkiv
ORCID 0000-0002-7182-5814;

Melnikov O. F.,

Doctor of Public Administration, Professor, Professor of Information Technology and Management Systems Department, KRI NAPA, Kharkiv
ORCID 0000-0001-6856-8362;

Orlov O. V.,

Doctor of Public Administration, Professor, Head of Information Technology and Management Systems Department, KRI NAPA, Kharkiv
ORCID 0000-0001-8995-7383

APPLICATION OF MULTIAGENT SYSTEMS IN PUBLIC ADMINISTRATION

The concept of continuous improvement of management systems remains in the focus of attention, but the capacity of learning systems, which have achieved certain developments in this direction, will never exceed the capabilities of systems that also can actively transform the natural or social environment in accordance with the set goals. To solve these management problems in distributed interaction in various fields of scientific and practical activities, multi-agent systems and technologies have been increasingly used in the past decade. At the heart of the multi-agent approach, there is the concept of a mobile software agent which functions as an independent specialized computer program or “active” (adaptive) element of the artificial intelligence system.

The article proves that the complexity and significance of challenges facing the present-day public administration require the use of new modern tools to address them. The use of multi-agent technologies and systems will significantly improve public administration performance, primarily due to increasing the space for finding solutions, and reducing the role of the human factor. Users of the system (managers and specialists), operating with the appropriate control elements, set the order of consideration of the situation, set priorities, agree on options and choose the best, from their point of view, solution. All operations are carried out by activating the relevant processes, which opens for each object its individual field of action. Thus, for example, it is possible to carry out standard operations in a manual mode – formation of the offer, taking a loan, purchase of raw materials and accessories, logistic operations, acquisition of shares of any enterprises, etc.

The human intelligence should be supplemented with the intelligence of an agent who is able to use the “old” and build “new” knowledge to perform the set tasks in previously unknown situations and problem areas where this agent is used as an actor and is a separate element of intellectual support system for decision-making based on artificial intelligence technologies and multi-agent systems.

Keywords: public administration; multiagent technologies; multiagent systems; making management decisions; distributed management

Надійшла до редакції 10.09.2020р.