

УДК 255:29.1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

В.А. Омеляненко, к.е.н.

Сумський державний університет, Суми, Україна

Омеляненко В.А. Теоретичні аспекти використання мультиагентного підходу для аналізу інноваційно-технологічних систем.

Стаття присвячена аналізу концептуальних основ дослідження інноваційно-технологічних систем як найбільш складних об'єктів соціально-економічної сфери. Фактор інтеграції та координації у високотехнологічних сферах забезпечує інтеграцію унікального досвіду, виробничих можливостей і передових технологій різних інноваційних систем навколо певного проекту, що не може бути виконаний окремими суб'єктами. Зазначені процеси вимагають відповідного аналітичного забезпечення. На основі цього в роботі для дослідження інноваційно-технологічних систем запропоновано використовувати модель мультиагентної системи та визначено основні переваги даної моделі, що дозволяє оцінити вплив поведінки агентів на ефективність системи в цілому.

Ключові слова: інноваційно-технологічна система, модель, мультиагентна система, активна система, агент

Омеляненко В.А. Теоретические аспекты использования мультиагентного подхода для анализа инновационно-технологических систем.

Статья посвящена анализу концептуальных основ исследования инновационно-технологических систем как наиболее сложных объектов социально-экономической сферы. Фактор интеграции и координации в высокотехнологических сферах обеспечивает интеграцию уникального опыта, производственных возможностей и передовых технологий разных инновационных систем вокруг определенного проекта, который не может быть выполнен отдельными субъектами. Указанные процессы требуют соответствующего аналитического обеспечения. На основе этого в работе для исследования инновационно-технологических систем предложено использовать модель мультиагентной системы та определены основные преимущества данной модели, которая позволяет оценить влияние поведения агентов на эффективность системы в целом.

Ключевые слова: инновационно-технологическая система, модель, мультиагентная система, активная система, агент

Omelianenko V.A. Theoretical aspects of multi-agent approach application for innovation technological systems analysis.

This article deals with the conceptual foundations of study of innovation and technological systems as the most complicated object in social and economic sphere. Factor of integration and coordination in high-tech fields allows to realize integration of unique experience, production capacity and advanced technologies of various systems of innovation around specific project, which can not be performed by separate entities. These processes require appropriate analytical support. On the basis of this work to the study of innovation and technological systems we propose to use the model of multi-agent system, that defines the main advantages of this model, which allows to estimate the impact of agents behavior on the efficiency of system as a whole.

Keywords: innovation and technological system, model, multi-agent system, active system, agent

Концепція інноваційно-технологічної системи (innovation technological systems) відповідає сучасній парадигмі інноваційних систем з акцентом на поясненні природи і швидкості технологічних змін і використовується зокрема для аналізу розвитку високих технологій. В раках концептуального підходу до дослідження інноваційно-технологічної системи [1] метою аналізу є оцінка розвитку конкретної технологічної області з точки зору структури та процесів, які підтримують або гальмують її розвиток.

Дослідження трендів розвитку інноваційно-технологічних систем стосуються виявлення закономірностей з метою з'ясування умов, при яких нові технології розвиваються найбільш успішно. Порівняльні дослідницькі проекти вивчали, наприклад, розвиток обраної технології (наприклад, геліоенергетика, технології отримання біогазу) та відповідної технологічної інноваційної системи в різних країнах, щоб визначити чинники, які призвели до подібних результатів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Визначені аспекти формують необхідність розробки відповідних інформаційних технологій й програмно-технічних засобів, що дозволяють створити єдиний інформаційний простір інноваційної діяльності на базі існуючих інформаційних ресурсів інновацій, вирішувати проблеми технологічної та семантичної неоднорідності інформаційних ресурсів, забезпечити автоматизовану обробку даних на початкових етапах життєвого циклу інновацій, аналіз варіантів їх розвитку [2].

Особливу актуальність при аналізі складних систем відіграє системна динаміка (systems dynamics) – метод вивчення комплексних систем, які змінюються з часом. В основі аналізу системної динаміки лежить той факт, що структура системи зумовлює її поведінку. Ця методологія дозволяє враховувати основні взаємозв'язки між елементами системи та часові аспекти її розвитку [3]. Відповідно до принципів системної динаміки в ході моделювання системи мають враховуватися причинно-наслідкові взаємозв'язки між її елементами та зворотний зв'язок.

В попередніх дослідженнях [4] нами було показано, що сучасні високотехнологічні системи створюються через об'єднання організаційно-технологічних ресурсів різних суб'єктів. Фактор кооперації у високотехнологічних сферах забезпечує інтеграцію унікального досвіду, виробничих можливостей і технологій різних інноваційних систем навколо певного проекту.

У концептуальному плані для цілей моделювання інноваційно-технологічні системи можна розглядати як сукупність мереж суб'єктів та інститутів, які взаємодіють і сприяють розробці нової технології [5]. Зазначені процеси в сучасних умовах суттєво ускладнюються, оскільки технології розвиваються взаємопов'язано і лише у складі технологічних пактів вони створюють певний продукт. У наших попередніх дослідженнях [4, 6] цей аспект ми детально розглядали на прикладі космічної галузі. Ці фактори важливі також для наукоємних галузей, що вимагають координаційного управління різними об'єктами [7].

Важливим також є аналіз механізмів оптимізаційного управління системою та мережевими структурами окремо виділимо також завдання синтезу необхідних структур певного класу з відповідними механізмами управління. Відтак необхідність розробки аналітичної основи дослідження обумовлена також розробкою відповідних експертних систем, систем підтримки прийняття рішень, а також прикладних додатків. При розробці таких систем для економічних завдань розглядають такі дві моделі:

1. Модель внутрішніх цін, що в якості критерія ефективності розглядає сумарне значення цільових функцій всіх агентів системи. Рішенням завдання синтезу оптимальної структури буде призначення центром агента, що має максимальну ефективність.

2. Модель мультиагентної системи, що досліджує взаємодію автономних агентів, які переслідують власні цілі та мають певне уявлення про поведінку інших агентів, що формує необхідність вирішення завдань внутрішнього управління в умовах наявності повної інформації, що формує обмеження моделі.

Аналіз зазначених моделей дозволяє зробити висновок, що вони формують основи для аналітичного опису, однак потребують конкретизації для

специфічних завдань дослідження інноваційно-технологічних систем.

Метою статті є аналіз концептуальних засад використання мультиагентних систем (MAS) для завдань управління інноваційно-технологічними системами.

Виклад основного матеріалу дослідження

В рамках аналізу інноваційно-технологічних систем доцільно розглядати два види їх основних структурних елементів:

- вузлові точки, що представлені економічними суб'єктами (агенти);
- взаємодії (ресурсні потоки) між учасниками системи.

Також в рамках конкретизації взаємодій відповідно до методичних рекомендацій з аналізу інноваційно-технологічних систем [1] можемо виділити такі процеси в аналізованій системі:

- F1 – експерименти і виробництво;
- F2 – розвиток знань;
- F3 – обмін знаннями;
- F4 – пошук;
- F5 – вихід на ринок;
- F6 – мобілізація ресурсів;
- F7 – цикл змін.

Для аналізу зазначених процесів на основі врахування системної динаміки (рис. 1) необхідно обрати інструментарій їх формалізації.

Виходячи з вищевикладеного та зростаючої складності сучасних інноваційно-технологічних систем можемо констатувати, що застосування традиційних алгоритмів (точних) в умовах неповноти та суперечливості вихідної інформації про стан системи, а також за необхідності прийняття рішень в реальному часі, є досить проблемним. Зазвичай реалізація евристичних методів передбачає використання різноманітних прикладних систем штучного інтелекту (системи підтримки прийняття рішень, експертні системи, системи аналізу в режимі реального часу тощо). Вказані системи ґрунтуються на тому, що для прийняття рішень в якості обґрунтування виступає експертний досвід дій у подібних ситуаціях у цій галузі знань.

Відтак доцільність використання мультиагентного підходу обумовлена тим, що саме цей підхід дозволяє найбільш повно розглядати як агентів так й ресурсні потоки між ними [8-10].

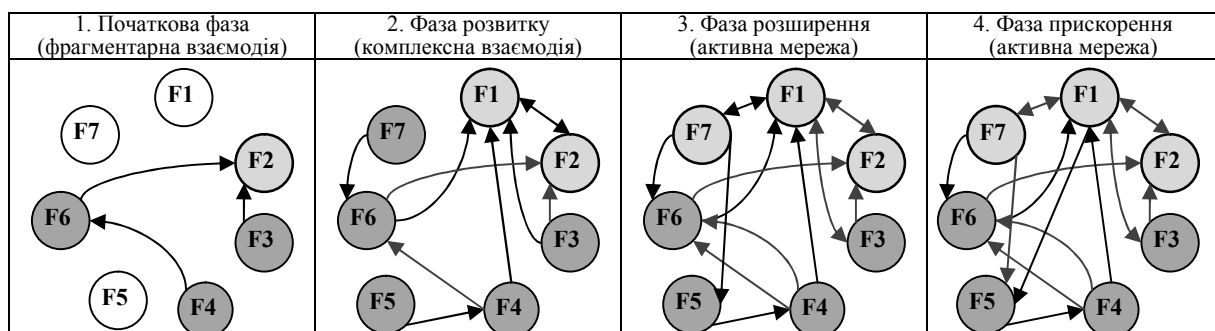


Рис. 1. Аналіз процесів в інноваційно-технологічній системі залежно від її динаміки (фаз розвитку)
Джерело: Складено автором за матеріалами [1]

В контексті мультиагентного підходу у дослідженні [11] при розгляді базису економічного розвитку на основі системно-синергетичного, інституціонального та ендогенного підходів було зроблено наступні важливі висновки:

- реалізація концепції конкурентного співробітництва, що визначає формування нової логіки економічної діяльності та проявляється в інтеграційних взаємодіях учасників проектів;
- розвиток спів-конкуренції, що забезпечує гнучке сполучення відносин суперництва та співробітництва в рамках проектів;
- пріоритет партнерства та балансу інтересів у процесі спільної діяльності різноманітних суб'єктів;
- інтеграція на принципах взаємодоповнення потенціалу агентів різних технологічних рівнів та з різними потенціалами.

Вищенаведені аспекти формують необхідність переходу від простого економічного аналізу до моделювання систем. На основі цього в якості основи для побудови моделей управління технологічною системою ми пропонуємо використовувати теорію активних систем, яка вивчає механізми функціонування ієрархічних систем в умовах невизначеності обумовленої проявами активності учасників (елементів) системи.

Основний акцент у теорії активних систем робиться на активності учасників систем (агентів). Відтак об'єктом дослідження даної теорії є організаційні системи, предметом досліджень – механізми управління, а в якості основного методу дослідження розглядається саме математичне моделювання [12].

Спираючись на теорію активних систем, структуру інноваційно-технологічної системи можна розглянути, як модель активної системи, що складається з центра та активних елементів, що функціонують в умовах певного рівня інформованості (інформаційної асиметрії) про зовнішні та внутрішні стосовно системи параметри. Відповідно можемо перейти до розширеного аналізу інформаційно-технологічної траєкторії системи.

Для цілей дослідження модель управління активною системою можна подати у наступному вигляді [15]:

$$\eta^* = \underset{\eta \in U}{\text{Arg max}} K(\eta) = \{ \eta \in U | \forall v \in U, K(\eta) \geq K(v) \}, \quad (1)$$

де $K(\eta) = \Phi(\eta, G(\eta))$ – оцінка ефективності управління системою;

$\eta \in U$ – керуючі дії з допустимої множини значень U ;

$y = G(\eta)$ – дії активного елемента, що належать множині допустимих дій $y \in A$.

В рамках використання методології активних систем керовані суб'єкти характеризуються властивістю активності, тобто мають свободу вибору стану. Крім цієї можливості, складові цього типу систем мають власні інтереси, й тому цілеспрямовано здійснюють вибір свого стану. Відповідно можемо конкретизувати модель системи, яка відповідно має враховувати прояви власної активності керованих суб'єктів. Ці прояви можна описати так: вважаємо, що керовані суб'єкти намагаються вибирати такі свої стани, що є найкращими з точки зору їх переваг при певних (заданих) керуючих впливах, а керуючий вплив залежить від станів керованих суб'єктів. Також одним з важливих проявів активності вважається здатність керованих суб'єктів прогнозувати за наявної інформації поведінку керуючого агента.

Однією з основних цілей моделювання в умовах інноваційно-технологічних систем є оцінка впливу поведінки кожного агента на ефективність системи в цілому. Відтак часто агентів визначають через ті властивості, якими вони повинні володіти.

В інноваційно-технологічній системі кожен агент також характеризується системними властивостями, тобто має свою внутрішню структуру та правила, згідно яких змінюється внутрішній стан та відбувається взаємодія з зовнішнім середовищем.

Агентам властиві наступні основні властивості:

- автономність, тобто здатність агента діяти без певного керуючого впливу ззовні, контролювати власні дії та внутрішній стан;
- реактивність – сприйняття стану середовища та реакція зміни;
- активність – здатність агента ставити цілі й виконувати комплекс дій (алгоритм) з метою їх досягнення;
- комунікативність – взаємодія з іншими агентами;
- цілеспрямованість – припускає наявність власних джерел мотивації;
- відкритість – будь-який агент являє собою відкриту систему;
- раціональність – будь-який агент діє таким чином, щоб він міг досягти найкращого очікуваного результату;
- базові знання – знання агента про себе, інших агентів та навколишнє середовище.

В рамках даного дослідження використання вважаємо, що MAS доцільно розглядати в складі наступних компонентів:

- 1) множина організаційних одиниць, в якій виділяються підмножини агентів і об'єктів;
- 2) множина завдань агентів та системи в цілому;
- 3) середовище, тобто деякий простір, в якому функціонують агенти та ресурсні потоки;
- 4) множина відносин між агентами;

5) множина дій агентів (наприклад, операцій над об'єктами).

Як бачимо з точки зору структурно-функціонального змісту MAS відповідає визначеному спектру завдань аналізу інноваційно-технологічних систем.

В рамках аналізу основних функцій всю схему аналізованого типу систем для інтелектуального розподілу ресурсів принципово можна розділити на ряд модулів (підсистем), кожному з яких належить певний набір агентів, що виконують конкретні функції, взаємодіючи між собою. У загальному виді динамічна модель системи має містити:

- 1) початковий стан економічного агента;
- 2) технологічні способи виробництва (кожен спосіб містить механізм одержання з заданого набору ресурсів певної кількості продуктів);
- 3) критерій оптимальності.

Мережева інтеграція в інноваційно-технологічній системі припускає відносини інформаційної прозорості між партнерами, і тому

дозволяє скорочувати матеріальні потоки та зменшувати витрати. При віртуальній інтеграції взаємодія є максимально гнучкою, а інтеграція повністю будується на інформаційних потоках (рис. 2). Функціональне середовище сучасних інноваційно-технологічних систем формується по мірі необхідності – той самий суб'єкт може одночасно бути учасником декількох мереж або їх частин, через участь в активних мережах.

На основі підходу [13] та результатів дослідження можемо розробити прототип інноваційно-технологічної системи. Прототип був розроблений в ході експерименту з виявлення можливої корисності агентів в інноваційній мережі космічного проекту.

Першим кроком розробки прототипу є відбір агентів для участі в процесі управління. Базовим принципом є залучення одного агента на одну операцію, причому операції мають бути відібрані таким чином, що для виконання кожної з них були потрібні знання (технології) вузького профілю.

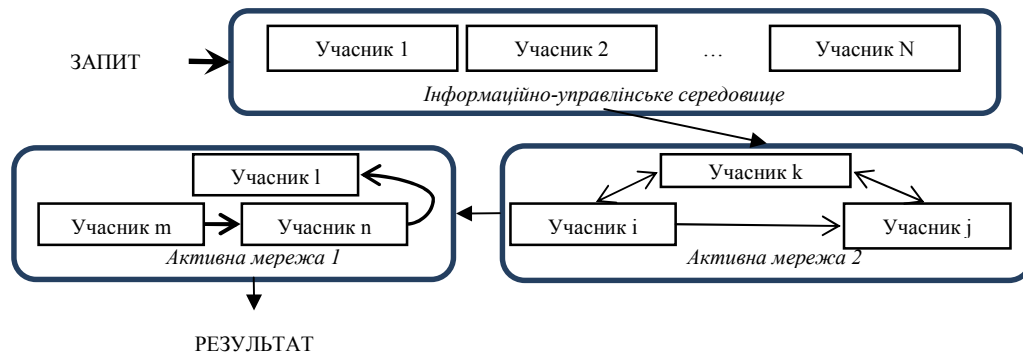


Рис. 2. Схема функціонування активних агентних мереж
Джерело: Власна розробка автора

На основі [13] кожного агента доцільно розглядати як систему, що має певну базу знань, яка включає правила і деякий набір фактів. Наприклад, база знань Агента дій містить відомості про характеристики деяких металів і правила вибору оптимальної швидкості обробки. База знань Агента експлуатації складалася з інформації про типові випадки поломки інструментів і небезпеки кожної конкретної поломки для робочого стану космічного апарата. Те, що агенти у своїй області є вузькими фахівцями, сприяє їх успішній роботі в певній сфері, що вимагає наявності порівняно невеликої бази знань у кожного агента й значно спрощує процес роботи при використанні методу паралельної інженерної розробки. Він також зменшує наслідки випадкових помилок, зроблених агентами, тому що їх бази знань перебувають в постійному поповненні.

Для функціонування прототипу системи попит та пропозиція на ресурси стають новими базовими елементами її структури, і полягають у взаємозалежних зв'язках між агентами, які реалізуються через постійний пошук відповідності між заданими індивідуальними критеріями запитів

кожного агента (знання, технологія, фінанси тощо).

Для вирішення завдань автоматизації управління ресурсами перед прийняттям рішення у реальному часі останнім часом розробляється велика кількість інтелектуальних програмних систем нового покоління, побудованих на основі мультиагентних технологій, які дозволяють автоматизувати повний цикл управління ресурсами в реальному часі, включаючи наступні:

- реакція на події (запити);
- динамічне планування та адаптивне переplanування ресурсів;
- взаємодія з клієнтами, менеджерами та виконавцями для узгодження прийнятих рішень;
- моніторинг виконання планів і бізнес-процесів;
- переplanування розкладів проекту тощо.

Важливим інструментом, що дозволяє виконувати ці функції, є агентна платформа, яка реалізує основні механізми, що забезпечують роботу MAS і таким чином, полегшує побудову

агентних систем. До основних функцій агентної платформи можемо віднести:

- забезпечення взаємодії між агентами;
- обмін повідомленнями між агентами в рамках платформи (зокрема на різних рівнях платформи: рівень пакетів мережі, повідомлень на обраній мові спілкування, протоколів обміну повідомленнями);
- обмін повідомленнями між агентами з різних платформ, що забезпечує завдання міжгалузевого аспекту розвитку інноваційно-технологічних систем);
- пошук необхідних агентів й даних про них;
- підтримка онтологій та управління агентами;
- управління життєвими циклами агентів.

Для адекватного подання знань про проблемну область і реалізацію ефективних механізмів їх використання при вирішенні складних проблем розроблена модель, у якій знання розділяються на кілька незалежних джерел, асоційованих з реактивними та когнітивними агентами [14]. Модель реактивного агента задається в такий спосіб:

$$A_R = (Z_R, W_R, N(Z_R, Net, S_R), S_R(R, A(G))), \quad (2)$$

де Z_R – множина вхідних повідомлень;

W_R – множина вихідних повідомлень;

N – множина методів, що визначають реакції мережі Net реактивного агента на вхідні повідомлення Z_R ;

S_R – множина станів, кожний з яких визначається набором атрибутів агента та їх значень. При цьому:

$$\begin{aligned} INT R_i &= \{[A_j, DOM(A_j)], \dots\}; \\ EXT R_i &= \{F_1, \dots, F_p\}; \\ F_k &= \{A_1(G_1), \dots, A_s(G_n)\}, \end{aligned} \quad (3)$$

де R – множина відношень,

G – множина значень множини атрибутів A .

Домени (DOM) є загальними сукупностями значень, з яких беруться реальні значення для атрибутів відношень. Інтенціональні частини (INT) локальних баз знань містять інформацію, що характеризує семантику предметної області, екстенціональні частини (EXT) описують можливі стани агентів та їх взаємозв'язки.

Використання мультиагентних технологій забезпечують такі переваги для аналізу інноваційно-технологічних систем:

- мультиагентні системи – це інноваційні продукти нового покоління й забезпечують якісно нові можливості аналізу, зокрема складні (вже відомі чи нові) проблеми можна вирішити більш ефективним способом;
- мультиагентні системи досить гнучкі: динамічно реагують на зміни та постійно поліпшують рішення в режимі реального часу;
- сучасні просунуті мультиагентні системи є інтелектуальними: агенти не дотримуються заданих процесів, але аналізують поточну ситуацію і шукають спосіб вирішення завдання, що гарантує знаходження кращого рішення з можливих;
- мультиагентні системи з різним ступенем значимості враховують навіть дрібні фактори,

що необхідні для прийняття рішень, тому прийняті рішення є персоналізованими, індивідуалізованими та відповідають вимогам всіх агентів;

- мультиагентні технології високопродуктивні, оскільки характеризуються швидкою реакцією на події і швидкістю знаходження відповідного рішення завдання;
- мультиагентні технології здатні навчатися та дозволяють коректувати результати роботи системи.

Важливою перевагою використання MAS для аналізу інноваційно-технологічних систем є можливість розробки коаліційної моделі мультиагентних процесів перетворення ресурсів (МППР), метою якої є опис процесів взаємодії агентів і формування коаліцій при вирішенні питань колективного використання ресурсів і засобів в умовах паралельного виконання робіт.

Вважаємо доцільними відзначити аргументаційно-орієнтований (Argumentation-Based Negotiation) протокол ведення переговорів про багатомірні угоди (Multi-Dimensional Deal). Цей алгоритм є розширенням протоколу почергових поступок, однак допускає відсутність знань чи неповне знання агентів про функції виграшу. Протокол пропонує агентам крім повідомлень про пропозиції обмінюватися також повідомленнями про найбільш критичний параметр.

В рамках оптимізаційного управління виділимо алгоритми мережі переговорів (Negotiation Networks), що представляє собою не просто протокол переговорів, а опис структури множини Δ . Відповідно до алгоритму множина агентів (без участі інших агентів) у парі один з одним може укласти угоди з універсальної множини $\Delta = \{\delta_1 \dots \delta_k\}$. Зазначені мережі переговорів алгоритми дають змогу моделювати різні конфігурації інноваційно-технологічних систем залежно від обраних обмежень.

Висновки

Дослідження АЧР стосовно процедур В статті проаналізовано теоретичні аспекти використання теорії активних систем та їх адаптації їх до вимог управління інноваційно-технологічними системи. На відміну від існуючих підходів запропоновано використання комбінованих механізмів аналізу інноваційно-технологічних систем на основі поведінки агентів. Запропоновано розглядати мережу узгодження ресурсних потоків, що використовує в якості об'єктів попит та пропозицію на ресурси з боку агентів системи. Визначені в роботі аспекти роблять актуальною й практично значимою задачу розробки прикладних програмних засобів створення системи підтримки прийняття рішень на базі MAS-технологій для управління інноваційно-технологічними системами. В цьому контексті подальшого дослідження потребують методологічні основи дослідження інформаційно-технологічної траєкторії інноваційно-технологічної системи, що дозволить створити основу розробки прикладних систем.

Abstract

Purpose. To analyze of conceptual foundations of multi-agent systems (MAS) application for tasks of innovation and technological systems management as the most complicated systems in social and economic sphere. The article is based on previous studies, where it was shown that modern high-tech systems are created by combining organizational and technological resources of different agents.

Methodology. We have applied the systems dynamics as a method of complex active systems studying that change over time. The basis of system dynamics analysis is the assertion that the system structure forms its behavior. Thus using multi-agent approach due to the fact that this approach allows to consider agents and resource flows between them.

Results. Unlike existing approaches we suggested the use of combined analysis of mechanisms of innovation and technological systems based on agents behavior. The possibility of a coalition model of multi-agent processes of resources transformation was considered. As part of the analysis the main functions of intelligent resource allocation were proposed to be divided into several modules (subsystems), each of which includes certain agents.

Originality. For the first time, we have carried out the integrated research approach for multi-agent systems (MAS) application for tasks of innovation and technological systems management and created a prototype of multi-agent system of space device production project based on knowledge bases and taking into account the main processes in innovation and technological systems.

Practical value. We have analyzed the main opportunities for practical application of multi-agent systems (MAS) for different tasks of innovation and technological systems and developed the main directions for further methodological research of information technology trajectory innovative technological system that will create basis for development of application systems.

JEL Classification: O11, O22, O32.

Список літератури:

1. Hekkert M. Technological Innovation System Analysis. A manual for analysts [*Електронний ресурс*]. – Utrecht University, 2011. – Режим доступу: http://www.innovation-system.net/wp-content/uploads/2013/03/UU_02rapport_Technological_Innovation_System_Analysis.pdf.
2. Маслобоев А.В. Проблематика информационной поддержки региональных инновационных структур / А.В. Маслобоев, В.А. Путилов // *Инновации*. – 2007. – № 6 (104). – С. 73-76.
3. Serman, J. Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. The McGraw-Hill Companies, Inc., 2000. – 1008 p.
4. Жеков Ж. Аналіз особливостей розвитку мереж підтримки високих технологій в космічній галузі / Ж. Жеков, В.А. Омеляненко // *Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті*. – К.: НТУ, 2014. – Вип. 2. – С. 89-97.
5. Markard, J., Truffer, B. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework. *Research Policy* – № 37 (4). – pp. 596-615.
6. Omelyanenko, V.A. (2014). Analysis of Potential of International Inter-Cluster Cooperation in High-Tech Industries / V.A. Omelyanenko // *International Journal of Econometrics and Financial Management* – Vol. 2, No. 4. – pp. 141-147.
7. Коваль С.С. Алгоритм подбора состава нестандартного изделия на машиностроительном предприятии / С.С. Коваль // *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. – 2016. – Вип. 2 (97). Ч. 1. – С. 33-37.
8. Battke, B., Schmidt, T.S., Stollenwerk, S. and Hoffmann, V.H. (2016). Internal or external spillovers – which kind of knowledge is more likely to flow within or across technologie // *Research Policy* – № 45. – pp. 27-41.
9. Markard, J., Worch, H. Technological innovation systems and the resource based view – Resources at the firm, network and system level // *DIME Workshop on Environmental Innovation, Industrial Dynamics and Entrepreneurship*, 10-12 May 2009, Utrecht University.
10. Omelyanenko, V.A. (2016). Basics of general approach for technological systems analysis / V.A. Omelyanenko // *Advanced Information Systems and Technologies AIST-2016: Proceedings of the IV International Scientific Conference (May 25-27, 2016, Sumy, Ukraine)*. – Sumy, – pp. 29-30.
11. Доргушанова А.К. Динамическая модель экономического каркаса несырьевого развития региона / А.К. Доргушанова // *Траектория науки*. – 2016. – № 4, Т. 2. – С. 2.11-2.21.
12. Новиков Д.А. Состояние и перспективы теории активных систем / Д.А. Новиков // *Управление большими системами*. – 2004. – № 9. – С. 7-26.
13. Ржевский Дж. Мультиагентные системы в логистике и е-коммерции [*Електронний ресурс*]. – 2015. – Режим доступу: http://iteam.ru/publications/logistics/section_80/article_2689.
14. Зайцев Е.И. Разработка многоагентных систем на основе нейробиологической модели с использованием проблемно-ориентированной инструментальной программной среды

[Електронний ресурс] // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: V-я Международная научно-практическая конференция (28-30 мая 2009 г., Коломна). – Режим доступа: www.raai.org/resurs/papers/kolomna2009/doklad/Zaitsev.doc.

15. Ткаліченко С.В. Математичне моделювання управління запасами в ієрархічних системах (на прикладі торговельних мереж): дис. канд. екон. наук: 08.00.11 / С.В. Ткаліченко. – Київ: 2009. – 165 с.

References:

1. Hekkert, M. (2011). *Technological Innovation System Analysis. A manual for analysts*. Utrecht University. Retrieved from http://www.innovation-system.net/wp-content/uploads/2013/03/UU_02rapport_Technological_Innovation_System_Analysis.pdf.
2. Masloboev, A.V., and Putilov, V.A. (2007). Problematika informacionnoi podderzhki regionalnyh innovacionnyh struktur [The problems of information support of regional innovation structures]. *Innovatsii*, 6 (104), 73-76 [in Russian].
3. Serman, J. (2000). *Business Dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*, The McGraw-Hill Companies, Inc.
4. Zhekov, J., Omelyanenko, V.A. (2014). Analiz osoblyvostej rozvytku mrezh pidtrymky vysokyh tehnologij v kosmichnij galuzi [Analysis of the development of support networks of high technology in space]. *Information processes, technologies and transport systems*, Issue 2, 89-97 [in Ukrainian].
5. Markard, J., and Truffer, B. (2008). Technological innovation systems and the multi-level perspective: towards an integrated framework, *Research Policy*, 37 (4), 596-615.
6. Omelyanenko, V.A. (2014). Analysis of Potential of International Inter-Cluster Cooperation in High-Tech Industries, *International Journal of Econometrics and Financial Management*, Vol. 2, 4, 141-147.
7. Koval, S.S. (2016). Algoritm podbora sostava nestandartnogo izdeliia na mashinostroitelnom predpriatii [The algorithm of selection of non-standard products at engineering company]. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, Vol. 2 (97), Part 1, 33-37 [in Russian].
8. Battke, B., Schmidt, T.S., Stollenwerk, S., & Hoffmann, V.H. (2006). Internal or external spillovers – which kind of knowledge is more likely to flow within or across technologie, *Research Policy*, 45, 27-41.
9. Markard, J., Worch, H. (2009). Technological innovation systems and the resource based view. Resources at the firm, network and system level. DIME Workshop on Environmental Innovation, Industrial Dynamics and Entrepreneurship, 10-12 May 2009, Utrecht University.
10. Omelyanenko, V.A. (2016). Basics of general approach for technological systems analysis, *Advanced Information Systems and Technologies AIST-2016, Proceedings of the IV International Scientific Conference*, Sumy, May 25-27, 29-30.
11. Dorgushanova, A.K. (2016). Dinamicheskaja model ekonomicheskogo karkasa nesyrevogo razvitiia regiona [Dynamic model of economic framework of development of non-commodity region]. *Path of Science*, 4, part 2, 2.11-2.21 [in Russian].
12. Novikov, D.A. (2004). Sostoianie i perspektivy teorii aktivnyh sistem [State and prospects of the theory of active systems]. *Managing of Large Systems*, 9, 7-26 [in Russian].
13. Rzhavskiy, G. (2015). Multiagentnye sistemy v logistike i e-kommercii [Multi-agent systems in logistics and e-commerce]. Retrieved from http://iteam.ru/publications/logistics/section_80/article_2689 [in Russian].
14. Zaitsev, E.I. (2009). Razrabotka mnogoagentnyh sistem na osnove nejrologicheskoy modeli s ispolzovaniem problemno-orientirovannoj instrumentalnoj programmnoj sredy [Development of multi-agent systems based on neurological model using instrumental problem-oriented software environment], *Integrirovannye modeli i miagkie vychisleniia v iskusstvennom intellekte: Metarialy V Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii* [Integrated models and soft computing in artificial intelligence. Conference proceedings of V-th International Scientific and Practical Conference], Kolomna, May 28-30, 2009. Retrieved from: www.raai.org/resurs/papers/kolomna2009/doklad/Zaitsev.doc [in Russian].
15. Tkalychenko, S.V. (2009). Matematychnе modeluvannya upravlinnia zapasamy v ierarhichnyh systemah (na prykladi torgovelynyh mrezh) [Mathematical modeling of inventory management in hierarchical systems (on example of trade networks)] Extended abstract of candidate's thesis. Kyiv [in Ukrainian].

Надано до редакційної колегії 05.08.2016

Омельяненко Віталій Анатолійович / Vitaliy A. Omelyanenko
sumyvit@yandex.ua

Посилання на статтю / Reference a Journal Article:

Теоретичні аспекти використання мультиагентного підходу для аналізу інноваційно-технологічних систем [Електронний ресурс] / В. А. Омеляненко // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2016. – № 4 (26). – С. 142-148. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opi.ua/files/archive/2016/n4.html>