

*Мельников В.В.,
аспірант кафедри інформаційних систем в економіці,
Київський національний економічний університет*

АГЕНТНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ІННОВАЦІЙНИХ КЛАСТЕРІВ

Анотація. У статті розглянуто застосування агентно-орієнтованого підходу до моделювання процесів управління інноваційних кластерів на регіональному рівні. Запропоновано використання агентної моделі для процесів управління інноваційних кластерів. Розроблено математичні моделі оцінки показників для прийняття управлінських рішень інноваційних кластерів.

Ключові слова: модель, агентно-орієнтоване моделювання, процеси управління, інноваційні кластери, агенти, управлінські рішення, економіка, що орієнтована на знання, сталий розвиток регіону.

Постановка проблеми. Впровадження та створення інноваційного продукту є досить витратним та має великі ризики. Зменшити ризики та максимізувати прибутки можливо за допомогою прийняття ефективних управлінських рішень, оптимізувавши процеси управління інноваційних кластерів. Найефективніше це можливо зробити за допомогою моделювання. Тому виникає необхідність у моделюванні процесів управління інноваційного кластера та формуванні прийняття якісно результативних рішень. Основним інструментальним та ефективним методом дослідження систем є метод моделювання, тобто спосіб теоретичних і практичних дій, спрямованих на створення та використання моделей. Агентно-орієнтоване моделювання дозволяє легше відобразити в моделі багато явищ реального світу, ніж системна динаміка та динамічні системи або дискретно-подійне моделювання, та охопити різні рівні абстракції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При вирішенні оптимізаційних задач в економіці досить перспективним є використання мультиагентних методів моделювання [1; 2]. При використанні цих методів використовується вид імітаційного моделювання агентно-орієнтоване.

Зростає кількість наукових розробок, пов'язаних з використанням агентно-орієнтованого моделювання для вирішення економічних задач. Серед авторів таких робіт – А. Вендре, В.М. Гужва, О.В. Рогозін, В.П. Романов, Д. Срінівасан, Г. Трайковські, А.Н. Швецов та ін. [3-10].

Фундаментальним базисом для формування агентно-орієнтованих уявлень послужили праці А.Н. Колмогорова з теорії інформації та алгоритмічної складності об'єктів [11], І. Пригожина, І. Стенгерс, Г. Хакена з теорії самоорганізації і еволюції відкритих систем [12; 13], У.Р. Ешбі за моделями гомеостазиса і різноманітності систем [14], А. Беркса по клітинним автоматам і моделюванню еволюційних систем [15], Дж. Холланда і Д. Гольдберга за генетичними алгоритмами [16; 17].

А.Р. Бахтізін розглядає розробку гібридних агентно-орієнтованих моделей. Моделі такого типу являють собою повноцінну агент-орієнтовану модель з досягненням рівноваги, в якій CGE (Computable general equilibrium) – модель є базовою економічною системою [18].

У [19] автори відзначають, що для управління інноваційними ланцюгами потрібна взаємопов'язана гнучка динамічна мережа інтелектуальних агентів з вбудованим механізмом самообмеження і самокоригування.

Інші дослідники розробили агентну модель, в якій трансакції на ринках праці і товарів відбуваються за допомогою двостороннього торгу між гетерогенними фірмами та працівниками та покупцями [20].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Не вирішено проблему прийняття управлінських рішень інноваційних кластерів на регіональному рівні. Не розроблена агентно-орієнтована модель процесів управління інноваційних кластерів.

Мета статті. Головною метою роботи є розробити агентну модель процесів управління інноваційних кластерів на регіональному рівні.

Виклад основного матеріалу. Соціально-економічна система будь-якої організації може бути представлена як складна агентно-орієнтована система. Виходячи з цього, система моделювання процесів управління інноваційного кластера (ІК) повинна будуватися з урахуванням агентів (учасників) ІК.

Під агентом агентній моделі процесів управління інноваційних кластерів розуміється елемент моделі, який може мати поведінку, пам'ять (історію), контакти та взаємодіяти зі іншими агентами соціально-економічної системи. Агенти ІК можуть моделювати поведінку учасників ІК.

Агентні моделі можуть бути особливо корисними для аналізу процесів управління ІК. По-перше, деякі з найважливіших визначальних аспектів процесу управління ІК легко вводяться до моделей агентно-орієнтованої обчислювальної економіки, але навряд чи можуть бути охоплені у неокласичних аналізах рівноваги, таких як CGE (Computable general equilibrium)-моделі. По-друге, моделі агентно-орієнтованої обчислювальної економіки можуть відтворити низку стилізованих фактів у цій області, які не добре описуються аналітичною роботою.

ІК – це основний елемент інноваційної складової сталого розвитку економіки. В умовах децентралізації діяльність ІК впливає у першу чергу на сталий розвиток регіону, а вже потім на розвиток країни, тому було вирішено розробити агентну модель на регіональному рівні.

Згідно з агентно-орієнтованим моделюванням, під ІК можна розуміти структуру економічної системи, що полягає у безлічі агентів (суб'єктів – індивідуальних або колективних) і безлічі відносин (сукупності зв'язків між агентами).

Оскільки агенти – учасники ІК взаємодіють та приймають рішення з приводу реалізації, розподілу, розробки, пошуку споживачів та впровадженні інноваційних товарів, тобто є агентами процесів управління ІК, вони у ході обміну інформацією впливають один на одного та створюють систему управління корпоративними знаннями (СУКЗ), що може бути використано при розробці економічних стратегій, ціллю яких є збільшення

обсягу продажів та рентабельності, максимізації прибутку і частки ринку або вихід на нові ринки збуту, зменшення собівартості продукції, генерування нових знань та ідей, лідерство у своєму сегменті; забезпечення сталого розвитку регіону або навіть вирішення сучасних глобальних проблем.

Агентна модель процесів управління ІК передбачає імітацію залучення агентів-учасників, які взаємодіють один з одним та розрахунків показників для того, щоб приймати ефективні управлінські рішення.

Агентна модель процесів управління ІК необхідна вирішувати такі проблеми:

1) оцінювати потенційну можливість реалізації проекту в умовах обмеження матеріальних, фінансових, людських і часових ресурсів;

2) оцінювати потреби в реалізації стратегічних проектів, вирішувати питання про наявність достатньої кількості споживачів інноваційних товарів;

3) оцінити ефективність фінансування та інвестування в проекти інноваційного кластера для того щоб отримати максимум коштів;

4) оцінити ефективність взаємодії учасників інноваційних кластерів;

5) сформувати оптимальну реалізаційну ціну;

6) ефективно розподілити кошти на проекти ІК для розробки конкурентноспроможного інноваційного товару;

7) розподілити витрати між учасниками ІК;

8) промодельовати збільшення обсягу реалізації продукції зі збільшенням показника швидкості інноваційності;

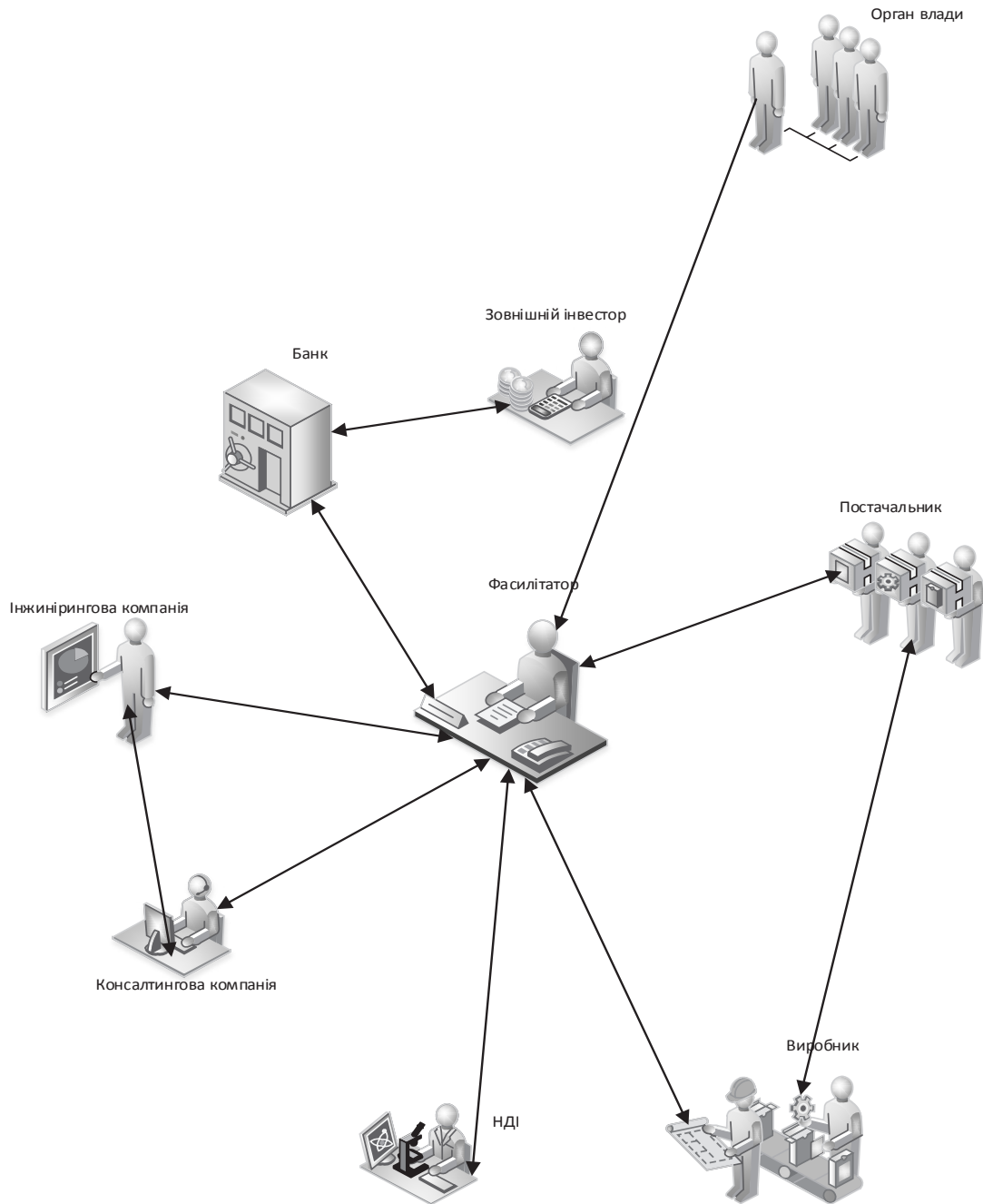


Рис. 1. Схема взаємодії агентів інноваційного кластера

Джерело: розроблено автором

9) оброблювати ідеї НДІ (науково-дослідного інституту) та експертів з приводу перспективності проектів;

10) аналізувати збільшення рентабельності та прибутків учасників до і після входження в кластерне об'єднання;

11) розрахувати отриманий дохід інвесторів від інвестування.

В агентній моделі процесів управління інноваційних кластерів – це активні об'єкти, які характеризують деякої множини однотипних учасників ІК при прийнятті рішень. Можна вважати, що схожу поведінку мають учасники одного типу. Зовнішнє середовище моделі утворюють границі регіону існування ІК.

Сутностями агентів для моделювання процесів управління інноваційних кластерів:

- ядро інноваційного кластеру або фасилітатор (facilitator);
- науково-дослідні організації (science);
- постачальники (supplier);
- виробники інноваційних товарів (manufacturer);
- консалтингові (consult) та інжинірингові компанії (engineering);
- банки (bank);
- органи влади на регіональному рівні (government);
- зовнішні інвестори (investor).

Агентна модель є інструментарієм еволюційного підходу до процесів управління інноваційних кластерів. Даний підхід передбачає, що агенти-учасники інноваційного кластеру в будь-який період володіють різноманітними потенційними можливостями, процедурами і правилами прийняття рішень, які визначають їх дії в залежності від зовнішніх умов. При цьому агенти-учасники здійснюють свідомі цілеспрямовані дії: займаються різноманітним пошуком, в ході якого вони виявляють, розглядають і оцінюють можливості.

Представлення учасників процесу управління ІК у вигляді агентів дозволяє створити гнучку модель економічної системи, в якій легко, шляхом додавання або виключення агентів, можна проводити гнучке моделювання процесів управління ІК шляхом змінювання кількості, типів агентів та їх логіки взаємодії.

Загальна кількість агентів – учасників ІК не має ніякого впливу на середню кількість нововведень кластера, що пов'язано з локалізованою структурою взаємодії.

Загальна схема взаємодії агентної моделі процесів управління ІК зображена на рисунку 1.

Fasilitator виконує управляючу та з'єднуючу функцію між агентами АОМ, забезпечуючи групову комунікацію між агентами для дотримання правил зустрічі, її процедури і регламенту, fasilitator дає змогу агентам сконцентруватися на цілях і змісті взаємодії.

Максимум суми коштів, що виділяються в рівновазі банками та зовнішніми інвесторів на фінансування проектів ІК, досягається при виборі в механізмі змішаного фінансування учасників кластерів, що задовольняють цьому співвідношенню. Функції фінансування та інвестування виконують bank та investor, впливати на цей процес може government.

База знань агента-учасника ІК може бути представлена набором технологічного потенціалу, якому відповідні конкретні здібності та кардинальне значення, що описує рівень знань агента щодо даної конкретної здібності. Агенти розвивають інноваційні гіпотези з приводу прийняття рішень шляхом випадкового вибору оптимального рішення.

Агент manufacturer може виконувати функції постачальника. Враховуючи це, необхідно розрахувати реалізаційну ціну:

$$P(t) = \sum_{i \in N} (S(t)_i + B_{mc}(t)_i + Pr od(t)_i) \cdot (1 + r), \quad (1)$$

де t – момент часу;

$i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина агентів;

$B_{mc}(t)_i$ – витрати на маркетинг та збут i -го агента;

$Pr od(t)_i$ – витрати i -го агента на виробництво;

r – закладена в оптимальному проекті норма рентабельності продукції;

$S(t)_i$ – витрати i -го агента виробника на собівартість сировини виготовленої продукції.

Механізм розподілу витрат ставить у відповідність сукупності оцінок агентів $\{y\}_{i=1}^n$ розподілу витрат $\{x_i = \pi_i(y)\}_{i=1}^n$. Реалізаційна ціна та необхідний загальний обсяг фінансування можуть бути, якщо не має ризиків. Тому при розподілі затрат між учасниками необхідно враховувати відсоток втрат понесених від ризику:

$$z_i = \pi_i(y) = \frac{\eta_i(y_i)}{\sum \eta_i(y_i)} \cdot SumZat(F + F \cdot risk), \quad (2)$$

де $SumZat$ – сумарні затрати на реалізацію;

F – необхідний обсяг фінансування;

$\eta_i(y_i)$ – пріоритет (вага) учасника ІК;

$risk$ – відсоток втрат понесених від ризиків.

Агент manufacturer буде внутрішню модель щодо відносин між виробничими процесами та властивостями інноваційного продукту в результаті, а також відносно взаємозв'язку між процесом виробництва і витрат. Агент supplier повинен розробити модель взаємозв'язку між властивостями продукту і його привабливістю на ринку інновацій. Порівнюються різні організаційні форми постачання та виробництва інноваційних продуктів (послідовні або командні структури), де прибутки від життєвого циклу використовуються для оцінки продуктивності.

Для оцінки впливу рекламної вводиться коефіцієнт. Якщо коефіцієнт більший за одиницю, то рекламна компанія впливає позитивно на сумарний попит. І навпаки, якщо він менший за одиницю, то така рекламна компанія зменшує попит на товар або послугу ІК. Тому бажаний сумарний попит можливо оцінити за формулою:

$$Demand \geq \sum_{i \in N} demand_i^{min} KR, \quad (3)$$

де $Demand$ – фіксований сумарний попит кластеру;

$demand = (demand_1, demand_2, \dots, demand_n)$ – вектор попиту;

rep^{min} – вектор репутацій;

$i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина агентів supplier;

KR – коефіцієнт ефективності рекламної компанії.

Агент engineering виконує підтримуючу та консультуючу функції через агента fasilitator.

Завдання агента consult полягає в аналізі, обґрунтуванні перспектив розвитку і використання науково-технічних і організаційно-економічних рішень агента science та агента fasilitator з урахуванням предметної області. Агент consult допомагає агенту fasilitator в управлінні інноваційного кластера.

Government не впливає безпосередньо на діяльність ІК, а лише виконують контролюючу спостережну функцію та взаємодіють з центральним агентом імітаційної моделі fasilitator, впливаючи на його рішення з приводу розподілу діяльності, коштів та кооперації між агентами – учасниками ІК.

Розробка обґрунтованої фінансової стратегії є основою для забезпечення життєздатності інноваційного кластера у корот-

кострокової та довгострокової перспективі. Найважливіша її частина – прийняття рішення про доцільну для інноваційного кластеру структуру капіталу приймається агентом *fasilitator* на якого впливають агент *government*.

Аналіз кількісних і якісних показників розвитку ІК повинен стати етапом і основою для діалогу та взаємодії агентів-учасників, які здатні, об'єднавшись, сформувати свій регіональний кластер. Цей діалог буде сприяти агенту *government* в освоєнні мистецтва розробки відповідних стратегій економічного розвитку.

Приймати рішення щодо ефективності думок експертів, повинен агент *fasilitator*, якими виступають агенти *science* та рівень їхньої зацікавленості, який можна виразити як коефіцієнт зацікавленості в успішній реалізації проекту ІК. Достовірність суджень експерта з урахуванням його зацікавленості можливо оцінити за формулою:

$$Th_i = Interest \cdot \frac{Q_{true}}{Q}, (i = 1, 2, \dots, m), \quad (4)$$

де Q_{true} – кількість випадків, коли й експерт надав правильне рішення проблеми;

Q – загальна кількість випадків участі го експерта в рішенні проблеми;

m – число експертів в групі;

Interest – коефіцієнт зацікавленості експерта приймає значення від 0 до 1, чим більше значення, тим більше зацікавлений експерт.

Обсяг реалізації продукції залежить від технологічного прогресу, тобто від швидкості інноваційного розвитку, а швидкість інноваційного розвитку від рівня конкуренції на ринку. Чим більша конкуренція, тим більша швидкість інноваційного розвитку. Отже сумарний обсяг виробництва в ІК:

$$Y(K, L) = \sum_{manufacturer \in N} A e^{m \cdot competition} K^{\alpha}_{manufacturer} L^{\beta}_{manufacturer}, \quad (5)$$

де K – розмір капітальних фондів виробництва;

L – витрати праці;

A – коефіцієнт параметризації;

α – коефіцієнт еластичності капіталу;

β – коефіцієнт еластичності праці;

v – константа, коефіцієнт швидкості інноваційного розвитку;

$competition \geq 1$ – рівень конкуренції, якщо $competition = 1$, то конкуренції не існує;

$N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина агентів *manufactures*.

Обсяг інвестування будь-якого економічного суб'єкта залежить від його бюджету, можливостей та втрат від ризику. При інвестуванні зовнішнім інвестором фінансування відбувається через учасника агента *bank*, тому необхідно враховувати банківський відсоток *bankproc*. Позначимо $K = \{1, 2, \dots, k\}$ – множина інвесторів, $k \geq 1$, $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина фірм учасників ІК, $n \geq 1$. Моменти інвестування та отримання доходу, як правило, рознесені в часі, тому будемо вважати, що всі грошові потоки наведені (наприклад, шляхом дисконтування) до моменту прийняття рішень. Інвестор j несе затрати $C_j \geq 0$ (його внесок – інвестиції в фонд) і отримує дохід $D_j \geq 0$ від цих інвестицій, $j \in K$ Фонд не володіє власними засобами (в іншому випадку його можна розглядати як одного з інвесторів), отримує від інвесторів суму:

$$C = \sum_{j \in K} C_j - (C_j \cdot bankproc), \quad (6)$$

Та виплачує їм суму:

$$D = \sum_{j \in K} D_j - (D_j \cdot bankproc), \quad (7)$$

Будь-яке соціально-економічне організаційне об'єднання створюється з метою максимізації прибутку, ІК не є виключенням. Максимізація прибутку є стимулом входження учасника в ІК. Виникає необхідність оцінити збільшення прибутку учасника до та після входження в ІК. Спочатку необхідно оцінити загальний дохід, який отримає ІК, а потім розподілити пропорційно між учасниками. На основі математичних моделей 1 та 5 можна розрахувати дохід кожного учасника ІК, враховуючи їх вагомість:

$$Dohid_i = P \cdot Y \cdot w_i, \quad (8)$$

де w_i – вага i -го учасника ІК.

При функціонуванні ІК виникає синергетичний ефект. Вивчення синергії як явища, здатного збільшувати позитивний ефект функціонування ІК, є досить актуальним у сучасний період. Конкуренція давно вже вийшла за рамки виробленого продукту і перейшла у сферу конкуренції управлінських структур. Синергетичний ефект, який отримає учасник ІК, можна оцінити:

$$\Delta Dohid_i = Dohid_i - Dohidi_i, \quad (9)$$

$$\Delta E = z_i - B_i, \quad (10)$$

$$SE_i = \frac{\Delta Dohid_i + \Delta E_i}{Dohidi_i - B_i} \cdot 100\% / N, \quad (11)$$

де SE_i – ефект синергії i -го учасника;

$\Delta Dohid_i$ – зміна доходу i -го учасника через вступ до ІК;

ΔE_i – зміна витрат i -го учасника, що зумовлена участю у стратегічному партнерстві;

$Dohidi_i$ – дохід при самостійній діяльності i -го учасника;

B_i – витрати (бюджет), необхідні для автономного здійснення діяльності i -го учасника;

N – кількість учасників ІК.

Прибуток є рушійною силою ринкової економіки. Економічна роль прибутку для учасників ІК та в цілому для ІК виявляється у таких рисах:

- прибуток є рушійною силою функціонування та розвитку ІК, основним спонукальним мотивом інноваційної діяльності;
- прагнення ІК отримати прибуток сприяє ефективному оптимальному розподілу та використанню власних та запозичених ресурсів, розробці та упровадженню досягнень науково-технічного прогресу, скороченню витрат, поліпшенню якості продукції та її споживчих властивостей, формування сталого розвитку регіону.

Тому виникає необхідність оцінити приріст прибутку учасника ІК, аналізуючи прибуток до та після входження в ІК. Оцінити різницю прибутку від входження в ІК можна за формулою:

$$Pk_i = Dohid_i - z_i, \quad (12)$$

$$Pa_i = Dohidi_i - B_i, \quad (13)$$

$$Kved_i = \frac{Pk_i}{Pa_i}, \quad (14)$$

де Pk_i – прибуток i -го учасника ІК від участі в кластері і розвитку довготривалих зв'язків;

Pa_i – прибуток i -го учасника від участі в альтернативних проектах.

Для моделювання процесів управління ІК переваги агентно-орієнтованого підходу очевидні. Серед них можна відзначити: скорочення термінів вирішення проблем, зменшення обсягу переданих даних за рахунок передачі іншим агентам високорівневих часткових рішень; скорочення термінів узгодження умов з приводу розробки, продажу та впровадження інноваційних товарів.

Висновки і пропозиції. У статті розглянуто створення агентної моделі процесів управління ІК та основні сутності агентів цієї моделі. Розроблено математичні моделі розрахункових показників для прийняття управлінських рішень в ІК. У подальших дослідженнях планується комп'ютерна апробація агентної моделі процесів управління інноваційних кластерів.

Література:

1. Beni G., Wang J. Swarm intelligence // Annual Meeting of the Robotics Society: Proceedings of Seventh International Conference. – Tokyo : RSJ Press, 1989. – P. 425-428.
2. Bonabeau E., Dorigo M., Theraulaz G. Swarm intelligence: from natural to artificial systems. – New York : Oxford University Press, 1999. – 320 p.
3. Гужва В.М. Технологія агентно-орієнтованого моделювання ланцюгів постачання / В.М. Гужва // Моделювання та інформ. системи в економіці : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, ДВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана» ; відп. ред. В.К. Галіцин. – 2010. – Вип. 82. – С. 26-40.
4. Швецов А.Н. Агентно-ориентированные системы: основные модели : [монография] / А.Н. Швецов. – Вологда : ВоГТУ, 2012. – 189 с.
5. Ventre A.G. Multicriteria and Multiagent Decision Making with Applications to Economics and Social Sciences [текст] / A.G.S. Ventre, A.Maturo, S.Hosková-Mayerová, J.Kacprzyk. – Springer, 2013. – 315 p.
6. Гужва В.М. Моделювання мультиагентних систем для управління логістичними процесами на підприємствах : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.03.02 / В.М. Гужва ; Київський національний економічний ун-т. – К., 2002. – 17 с.
7. Рогозин О.В. Методы и модели поддержки принятия инновационных решений в агентно-ориентированных системах : [монография] / О.В. Рогозин. – М. : МЭСИ, 2012. – 158 с.
8. Романов В.П. Мультиагентные системы в экономике : [текст] / В.П. Романов, А.В. Лельчук. – М. : РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2013. – 87 с.
9. Innovations in Multi-Agent Systems and Application [текст] / D. Srinivasan (Eds). – Springer, 2013. – 312 p.
10. Trajkovski G. Developments in Intelligent Agent Technologies and Multi-Agent Systems: Concepts and Applications [текст] / G. Trajkovski. – IGI Global, 2010. – 396 p.
11. Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. – М. : Наука, 1987. – 303 с.
12. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой : Пер. с англ. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 312 с.
13. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным системам : Пер. с англ. – М. : КомКнига, 2005. – 248 с.
14. Эшби У.Р. Введение в кибернетику : Пер. с англ. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1959. – 432 с.
15. Burks A.W. Computation, behavior, and structure in fixed and growing automata / Behavioral Science. – 1961, 6. – P. 5-22.
16. Holland Jonh H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Application to Biology, Control, and Artificial Intelligence. – Ann Arbor : University of Michigan Press, 1975. – 183 p.
17. Goldberg David E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. – Reading, Mass. : Addison-Wesley Pub. Co., 1989. – 412 p.
18. Бахтизин А.Р. Агент-ориентированные модели экономики. – М. : ЗАО «Изд-во «Экономика», 2008.
19. Новаківський І.І. Застосування штучного інтелекту для управління інноваційними процесами у ланцюгах вартості / І.І. Новаківський, Г.В. Рачинська // Вісн. Нац. ун-ту «Львів. політехніка». – 2011. – № 720. – С. 303-309.
20. Russo A., Catalano M., Gallegati M., Gaffeo E., Napoletano M. Industrial Dynamics, Fiscal Policy and R&D: Evidence from a Computational Experiment // Journal of Economic Behavior and Organization. – 2007. – Vol. 64. – No 3-4. – P. 426-447.

Мельников В.В. Агентная модель процессов управления инновационных кластеров

Аннотация. В статье рассмотрено применение агентно-ориентированного подхода к моделированию процессов управления инновационных кластеров на региональном уровне. Предложено использование агентного модели для процессов управления инновационных кластеров. Разработаны математические модели оценки показателей для принятия управленческих решений инновационных кластеров.

Ключевые слова: модель, агентно-ориентированное моделирование, процессы управления, инновационные кластеры, агенты, управленческие решения, экономика, ориентированная на знания, устойчивое развитие региона.

Melnikov V.V. Agent-based model management processes innovation clusters

Summary. The article deals with the use of agent-based modeling approach management processes of innovation clusters at the regional level. Proposed use of agent-based models for the management processes of innovation clusters. The mathematical models of evaluation indicators for management decision-making innovation clusters.

Keywords: model, agent-based modeling, management processes, innovation clusters, agents, management solutions, focused on the knowledge economy, sustainable development of the region.