

СЕКЦІЯ 10 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.1:631.15

Іжевський П.Г.
кандидат економічних наук, доцент,
докторант кафедри менеджменту,
адміністрування та готельно-ресторанної справи
Хмельницького національного університету

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ АПК У ПРОЦЕСАХ МЕРЕЖЕВОЇ ВЗАЄМОДІЇ

У статті розглядається моделювання систем управління підприємств у підприємницьких мережах на основі пошуку балансу між інформаційною ентропією та можливостями. За допомогою теорії атракторів запропоновано розглядати процеси управління мінливою інтеграційною системою підприємств у вигляді динамічної мережі. Математично опис функціонування атракторів здійснено за допомогою розв'язання диференціальних рівнянь на асимптотиці.

Ключові слова: мережі, агропромислові мережі, мережева взаємодія підприємств, моделювання систем управління, теорія атракторів.

Ижевский П.Г. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ АПК В ПРОЦЕССАХ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

В статье рассматривается моделирование систем управления предприятий в предпринимательских сетях на основе поиска баланса между информационной энтропией и возможностями. С помощью теории аттракторов предложено рассматривать процессы управления меняющейся интеграционной системой предприятий в виде динамической сети. Математическое описание функционирования аттракторов осуществлено с помощью решения дифференциальных уравнений на асимптотике.

Ключевые слова: сети, агропромышленные сети, сетевое взаимодействие предприятий, моделирование систем управления, теория аттракторов.

Izhevskiy P.G. MODELING SYSTEMS OF AGRICULTURAL COMPANY MANAGEMENT IN NETWORK INTERACTION PROCESSES

The article considers the modeling of enterprise management systems in business networks based on the search for a balance between information entropy and capabilities. With the help of the theory of attractors, it is suggested to consider the management processes of the changing integration system of enterprises in the form of a dynamic network. Mathematically, the description of the function of attractors is realized by solving differential equations on asymptotics.

Keywords: networks, agro-industrial networks, network interaction of enterprises, modeling of management systems, theory of attractors.

Постановка проблеми. Світова економіка розвивається на основі мережевого суспільства, яке формує нові організаційні форми діяльності вітчизняних підприємств – підприємницькі мережі. У зв'язку з експорторієнтованістю найбільш затребуваними на вітчизняному економічному просторі є згадані конфігурації підприємств в агропромисловому комплексі, а ефективність напряму залежить від моделювання систем управління підприємств-учасників. Зазначимо, що підприємницькі мережі формуються у вигляді бізнес-систем, для моделювання яких недостатньо опису їх структури, саме тому для повноти системного аналізу необхідне моделювання протікання бізнес-процесів за мережевої взаємодії підприємств АПК у динамічних режимах. Найбільш важливою проблемою постає управління процесами взаємодії учасників агропромислової мережі на основі еволюції бізнес-процесів з урахуванням ентропії, що спричиняє суттєвий вплив на поведінку та конфігурацію мережі.

Сучасні методи моделювання управління взаємодією підприємств у випадку агропромислової мережі найчастіше мають стохастичний характер, досить часто піддаються впливу дисипативного фактора, а тому актуальності набувають пошуки балансу між інформаційною ентропією та можливостями в системі управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Організаційним засадам побудови бізнес-мереж присвячені праці інституціоналістів Дж. Мейера та Б. Роуена [1]. Основоположні принципи, стратегії та конкурентна політика підприємств у координатах мережевої економіки досліджувалися плеядою таких науковців, як С. Крістенсен, П. Карно, Дж. Педерсон, Ф. Добінн [2] та Г. Кніпс [3], Р. Хагінс [4]. Проблеми моделювання управління підприємств висвітлені в працях В. Стадник та О. Замазій (концептуальні основи управління діяльністю вітчизняних промислових підприємств) [5]; В. Глушечського (моделювання простору завдань управління підприємством) [6]; О. Русінової (система управління забезпеченням розвитку підприємства) [7] та інших. Незважаючи на низку публікацій в цьому напрямі, питання моделювання систем управління мережевою взаємодією підприємств залишається малодослідженим, а тому викликає науковий інтерес.

Мета статті полягає в побудові моделі системи управління підприємствами в агропромислових мережах на основі пошуку балансу між інформаційною ентропією та можливостями за допомогою теорії атракторів і розв'язання диференціальних рівнянь на асимптотиці.

Виклад основного матеріалу дослідження. Процеси інтеграції підприємств спрямовані на створення

ефективної рівноважної системи, яка б найбільш повно задовольняла всіх учасників та забезпечувала ефективність агропромислової мережі. Будь-які економічні системи, зокрема підприємницькі мережі, можна описати набором простих елементів системи або підсистем. Проте такий набір має містити елементи, що виходять за внутрішні межі та слугують джерелами виникнення дисипативного фактора, який формує інформаційні ресурси, необхідні для ефективного функціонування системи. Також важливо враховувати внутрішньосистемний розподіл потоків інформації та їх стохастичний характер взаємодії. На мережеві взаємовідносини підприємств-учасників впливає економічний стан (можливості, тобто спроможність актора принести додану вартість), доступність та можливість обміну інформацією між учасниками. Таким чином, під ефективною агропромисловою мережею будемо розуміти тільки таку взаємодію та кількість учасників, яка обмежується площиною доступних станів мережі (як системи) та водночас забезпечує адитивність для підприємств (як незалежних систем), що її формують. Отже, для вирішення такого завдання доцільно використовувати поняття інформаційної ентропії, зокрема інформаційної ентропії Шенона [8]. Ентропійний підхід опису невизначеності в системі управління мережевою взаємодією дозволить сформулювати закономірності ентропійної рівноваги та обґрунтувати виникнення нерівноважних станів бізнес-системи через вплив учасників.

Згідно з аксіомою, сформульованою А. Панченковим, «ентропія крупної системи – величина, яка зберігається» [9], тобто функціонування великої бізнес-системи (у нашому випадку підприємницької мережі) забезпечується віртуальною сукупністю інформації та знань. Тому ступінь формування знань у мережі за допомогою взаємодії підприємств-учасників визначатиме зміщення ентропії від початкової величини та впливатиме на дану бізнес-систему в таких аспектах:

- обмеженості тривалості існування підприємницької мережі на основі співвідношення її величини інформаційно-інтелектуального складника до кількості бізнес-операцій, що продукуються нею за одиницю часу. Фактично, якщо в бізнес-системі не проводиться внутрішня політика щодо забезпечення якості підбору та компетенцій акторів в операційній діяльності та стратегічному управлінні, то вона рухатиметься до розпаду;

- обґрунтованості управління бізнес-системою на безперервності оцінки ентропії мережі в заздалегідь окресленому віртуальному суцільному середовищі;

- порушення семантичності зв'язків функціонуючого середовища (мережі) у випадку відхилення або зміни ентропії віртуального інформаційно-інтелектуального середовища, тобто зміни характеристики його в'язкості.

Зазначимо, що збільшення ентропії призводить до зростання можливостей агропромислової мережі підприємств, тобто залучення підприємств із різних галузей збільшує конкурентність такої системи за рахунок розширення спектра діяльності. З іншого боку, зростання ентропії призведе до невизначеності в мережі та ймовірності ухвалення неправильних управлінських рішень, збільшення сфери та витрат на пошук інформації, викривлення та порушення взаємодії між учасниками, опортуністичної поведінки тощо.

Отже, збільшення кількості учасників агропромислової мережі та ентропія протистоять одне

одному, а відтак незначне зростання одного з цих двох основоположних факторів призводить до негативних наслідків для діяльності всієї мережі. Взаємодія згаданих факторів визначає доцільність створення агропромислової мережі або залучення до неї нового учасника, що має розглядатися на основі мережевого підходу та синергетичного ефекту.

Уважаємо, що з точки зору керуваності всі процеси мережевої взаємодії агропромислових підприємств можна поділити на дві основні групи: керувані та прогнозовані. Рівняння опису таких процесів зовнішньо можуть бути однаковими, проте шукані розв'язки рівнянь бувають стійкими або нестійкими за початковими або граничними умовами. Так, початкові умови необхідні для опису (характеристики) стану об'єктів дослідження в момент часу на початок спостереження, а граничні умови вказують на границі зміни стану досліджуваних об'єктів. Стійкі розв'язки допускають можливості прогнозування процесів, проте не допускають можливості зовнішнього управління через причину значної ресурсовитратності для його забезпечення. Нестійкі розв'язки вказують на неможливість прогнозування, оскільки навіть незначні «неточності», які закладені в початкових або граничних умовах, призводять до суттєвих змін у розвитку всього процесу, що надає підстави для зовнішнього управління такими процесами. Дійсно, прогнозування взаємовідносин підприємства, зокрема інтеграційних, з іншими учасниками ринку неможливо детально передбачити, проте такими відносинами можна управляти, що доводить дієвість «м'яких інтеграційних об'єднань» – динамічних мереж, де кожен учасник впливає (управляє) на інших учасників у межах спільних інтересів. У разі, коли інтереси не збігаються, змінюється конфігурація мережі.

Уважаємо, що в динамічних мережах існують відрізки (фази) розвитку, які піддаються прогнозуванню, та короткострокові кризові відрізки (фази), які дозволяють змінювати конфігурацію мережі, тобто видаляти або додавати нових учасників.

Стихійна самоорганізація виступає визначальною особливістю синергетики згідно з її основними положеннями. При цьому головна цінність інтеграційних процесів, які виникають у результаті непрямої самоорганізації підприємств, криється у внутрішніх стимулах. Підприємства-інтегратори, які володіють особливою ринковою цінністю, завдяки їй набувають властивості центру тяжіння та організації, особливого економічного середовища, подібного до ринку, та називаються атракторами. Математично описати функціонування атракторів можна за допомогою розв'язання диференціальних рівнянь на асимптотиці. За допомогою теорії атракторів можна пояснити процеси управління мінливою інтеграційною системою підприємств у вигляді динамічної мережі.

Вплив на підприємство потенційного учасника динамічної мережі можна вважати ефективним лише за умови, коли він потрапляє в область тяжіння актора (ів) – ініціатора (ів) мережі. Синергетична близькість та здатність до асимптотичного розвитку, тобто розвитку із збереженням організації як складної системи, упереджує підприємство-учасника змінювати або призупиняти співпрацю в мережі. Таким чином, підприємницька мережа (атрактор) утримує актора від переорієнтації на сторонніх атракторів, а виведення з-під її впливу та компенсації, забезпечення нею для підприємства бізнес-процесів, вимагає суттєвих зусиль та ресурсів.

Неузгодженість та неприйняття правил співпраці, слабкий вплив мережі на учасника призведуть до його неефективності та виходу з мережі, вибору «поза мережевого» вектора розвитку.

Мережевий підхід базується на взаємодії, заснованій за допомогою слабого точкового впливу в потрібний момент для потреб розвитку та компенсації ресурсів учасників. Під час розгляду потенційних учасників для розуміння можливостей їхньої до атрактора мережі потрібно враховувати їхні можливості, економічне та технологічне становище. Теорія синергетики вказує на те, що «одна і та ж система за різних початкових може проявляти цілком різні, навіть протилежні тенденції розвитку, рухатися до різних «цілей» (атракторів) та діяти в деяких випадках (аналогічно до інших) неефективно та навіть безглуздо» [10].

С. Ман у теорії «керованого хаосу» стверджує, що для переходу із «нестабільних» суспільних систем у «стабільні» необхідний ітераційно-систематичний сильний зовнішній вплив [11]. Такі положення можна також застосовувати до підприємств, які априорі є суспільними системами та перебувають у процесах мережевої взаємодії, тобто нестійкої системи через спектр інтересів учасників. Таким чином, підприємства-атрактори для врівноваження бізнес-мережі повинні ітераційно здійснювати сильний вплив на підприємства-актори в мережі з метою урівноваження інтересів учасників до моменту формування з мережі стабільної системи.

У такому разі основне завдання «керованого хаосу» полягає в переформатуванні системи управління підприємства-актора, спрямованої на руйнування попередніх стійких внутрішніх зв'язків, налаштування на сприйняття мережевої інформації та адаптацію до управлінських зв'язків у мережі. У такому разі відбувається знищення управлінської системи підприємства актора та побудова нової адапційної управлінської системи, яка придатна для діяльності у визначеній мережі.

Отже, результатом управління хаосом має бути перехід підприємства-актора зі збереженням його економічних та технологічних можливостей у поле впливу підприємства-атрактора, при цьому керовані параметри потрібно використовувати для стабілізації (стратегії) управління мережею шляхом управління ентропією, тобто передбачувано-можливими варіантами стану підприємства-актора (як частини мережі).

За таких умов збільшуються та викривляються обсяги інформації в мережі, а тому зростання ентропії має обмежуватися певною величиною, яку підприємство-атрактор та мережа здатні контролювати за кількістю можливих варіантів розвитку системи. Зазначимо, що організація й управління процесами хаосу можливі лише за умов, коли підприємства-актори сприйнятливі до зовнішніх змін. В інших випадках підпорядкування актора під вплив атрактора вимагатиме значної кількості ресурсів та не матиме сенсу.

Отже, в управлінні хаосом, що базується на рівняннях опису протиріч ентропії S та можливостей n , доцільно обирати такі підприємницькі мережі: оптимальні атрактори $\psi(S, n) = 0$, рух до яких визначається рівняннями стабілізації на асимптотичні та визначає оптимальне співвідношення між ентропією та можливостями, тобто узгодженості поведінки для самоорганізації в мережу.

Завдання управління хаосом підприємства-актора полягає в отриманні законів управління $u(S, n) = 0$,

які забезпечуватимуть баланс між величинами хаосу та можливостей, а розвиток мережі та зміни ентропії мають забезпечуватися оптимальністю процесів.

Застосувавши метод аналітичного конструювання агрегованих регуляторів [12], за допомогою якого забезпечується асимптотична стійкість системи без пошуку рішень нелінійних динамічних рівнянь об'єкта керування, отримуємо його у вигляді $u(S, n) = 0$:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt}(t) = f(S, n, u), \\ \frac{dn}{dt}(t) = g(S, n, u) \end{cases} \quad (1)$$

де $f(S, n, u)$ та $g(S, n, u)$ – функції, що залежні від рівня хаосу S , можливостей n та зовнішнього управління u .

У подальшому сформулюємо завдання мережевої теорії управління, яка моделює перехід точки системи (1) з початкового положення (S_0, n_0) в бажаний стан підприємства-актора, що відповідає площині розв'язків рівняння $\psi(S, n) = 0$:

$$u(\psi(S, n)) = u(S, n), \quad (2)$$

Закон управління (2) забезпечує напрям руху точки в потрібній площині вздовж заданої кривої $\psi(S, n) = 0$, на яку накладається додаткова умова:

$$T \frac{d\psi}{dt} + \phi(\psi) = 0 \quad (3)$$

Якщо за умові (3) виконуються нерівності $\phi(\psi)\psi > 0$ і $T > 0$, то вона перетворюється на рівняння Ейлера-Лагранджа щодо стійких екстремалій. Екстремалії, у свою чергу, забезпечують мінімум функціоналу оптимізації щодо будь-яких траєкторій розвитку замкнутої системи.

У синергетиці змінна $\psi(S, n)$ виступає узагальненим параметром порядку, який уособлює колективні властивості такої бізнес-системи, як підприємницька мережа. Згаданий параметр у мережі є лакмусовим папірцем, який відображає стан успішності процесів самоорганізації. Виокремлення змінної $\psi(S, n)$ (як параметра порядку) дає можливість інтерпретувати оптимізацію функціоналу на основі квадрата параметра порядку Хакена [13], який визнається мірилом макроскопічної дії для самоорганізованих систем. Під час розгляду бізнес-мережі мірилом макроскопічної дії буде робота, проведена атрактором зі створення можливостей. тому доцільним буде в межах супровідного функціоналу J ввести квадратичні складники $\phi^2(\psi)$, які визначатимуть міру макроскопічної взаємодії підприємств мережі.

У синергетиці під ефективністю системи розуміють швидкість впроваджених заходів, тобто у разі мережевої взаємодії підприємств її визначатиме похідна $\frac{d\phi(\psi)}{dt}$ в супровідному функціоналі J . Час розвитку системи з моменту початку впливу на управління до входження підприємства-актора під вплив підприємства-атрактора задається за допомогою вагового коефіцієнта T .

Управління хаосом впливає на зміну функцій рівноваги шляхом заміни параметрів системи, тобто створюється параметричне управління на основі методів створення хаосу. Початкова постановка завдання зводилася до визначення управлінської системи підприємства-актора диференціальними рівняннями, які збагачувалися зовнішніми силами, що є шуканими управліннями $u(t)$. Система управління підприємства-актора здійснює рух. Для забезпечення самоорганізації необхідно, щоб убудовані в ній зовнішні сили перетворилися на внутрішні. Для

цього потрібно перетворити початкове завдання на розширене, враховуючи перетворення зовнішніх сил на внутрішню взаємодію спільної системи.

Нехай $k(S, n)$ – коефіцієнт приросту можливостей, що залежить від потреб розвитку підприємницької мережі та від рівня наявних можливостей, $L(n)$ – коефіцієнт амортизації можливостей, $F(S, n)$ – функція, що описує поведінку ентропії.

На основі введених коефіцієнтів та функцій отримуємо таку модель:

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = F(S, n) + u, \\ \frac{dn}{dt} = k(S, n)n - L(n)n \end{cases} \quad (4)$$

Запровадимо функцію, яка описує тяжіння підприємства-актора до підприємства-атрактора

$$\psi(n, S) = \beta n - k(S, n) \quad (5)$$

При цьому виконаємо умови, за яких функція ψ задовольнятиме характеристичне диференціальне рівняння:

$$T \frac{d\psi}{dt} + \psi = 0 \quad (6)$$

Знайдемо з рівняння (5) $\frac{d\psi}{dt}$ та отримаємо систему управління, яка трансформує систему на різноманіття $\psi(n, S) = \beta n - k(S, n) = 0$.

$$u = \frac{k'_n(S, n) + \beta}{k'_s(S, n)} (k(S, n)n - L(n)n) - F(S, n) + \frac{\beta n - k(S, n)}{k'_s(S, n)T} \quad (7)$$

де $k'_n(S, n)$, $k'_s(S, n)$ – часткові похідні від коефіцієнта прирощення можливостей $k'_n(S, n) = \frac{\partial k(S, n)}{\partial n}$, $k'_s(S, n) = \frac{\partial k(S, n)}{\partial n}$,

Початкова система диференціальних рівнянь під впливом дії управління хаосом трансформується в синтезовану систему

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = \frac{k'_n(S, n) + \beta}{k'_s(S, n)} (k(S, n)n - L(n)n) + \frac{\beta n - k(S, n)}{k'_s(S, n)T}, \\ \frac{dn}{dt} = k(S, n)n - L(n)n \end{cases} \quad (8)$$

Таким чином, отримана пара диференціальних рівнянь описує розвиток ентропії та можливостей бізнес-мережі на атракторі $\psi(n, S) = \beta n - k(S, n)$, що досягнуто за допомогою «м'якого моделювання» підприємницької мережі, тобто отримання надійного висновку з аналізу ненадійних моделей.

Висновки з проведеного дослідження. Описана модель дозволяє визначити оптимальні режими взаємодії підприємств-акторів в агропромисловій під-

приємницькій мережі в умовах невизначеності внутрішньої і зовнішньої інформації за умови найбільш повного забезпечення реалізації бізнес-процесів; суттєво покращити якість управління міжфірмовою взаємодією та отримати додатковий ефект за допомогою мінімізації витрат та без залучення додаткових ресурсів. Використавши цю модель, також можна буде визначити чинники та умови, за яких реалізовуватимуться сценарії різких неконтрольованих змін бізнес-системи (мережі) – нестійкого розвитку. Таким чином, моделювання процесів передбачення, уникнення та управління мережевою взаємодією агропромислових підприємств за допомогою розробленої моделі на практиці забезпечить ефективне функціонування та розвиток агропромислових мереж та умови розподілу й виконання бізнес-процесів між підприємствами-партнерами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Мейер Дж., Роуэн Б. Институционализированные организации: формальная структура как миф и церемониал. Экономическая социология. 2011. Т. 12. № 1. С. 44–67
2. Christensen S., Karnoe P., Pedersen J., Dobbin F. Actors and institutions. The American Behavioral Scientist. 1997. Vol. 40. № 4. P. 392–396
3. Knieps G. Network Economics: Principles – Strategies – Competition Policy. Springer, 2014. 184 p.
4. Haggins R. The success and failure of policy-implanted interfirm network initiatives: motivations, processes and structure. Entrepreneurship and Regional Development. 2000. № 12. P. 111–135.
5. Стадник В., Замазій О. Науково-методичні основи моделювання поведінки споживачів у системі ціннісно-орієнтованого управління підприємством. Проблеми економіки. 2015. № 3. С. 169–74.
6. Глушевський В. Методологія моделювання простору задач у системі управління промисловим підприємством. Маркетинг і менеджмент інновацій. 2015. № 1. С. 124–134.
7. Русінова О. Модель системи управління забезпеченням розвитку промислового підприємства. СХІД. 2017. № 3. С. 16–19.
8. Інформаційна ентропія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Інформаційна_ентропія
9. Панченков А. Энтропия. Н. Новгород, Издательство общества «Интерсервис», 1999. 592 с.
10. Саврасова М. Синергетический подход к политическому анализу и управления социально-политическими системами. URL: <http://www.sitnikov.com/books/work2.phtml>
11. Mann S. R. Chaos Theory and Strategic Thought. Parameters. 1992. Vol. XXII pp. 54–68
12. Современная прикладная теория управления: Синергетический подход в теории управления / Под ред. А. Колесникова. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. Ч. II. 559 с.
13. Haken H. Information and Self-Organization. Entropy. 2017.