

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПЕРЕДАВАННЯ УПРАВЛІНСЬКОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ МЕРЕЖАХ

Ю.Є. Яремчук, А.А. Шиян, В.М. Заячковський, 2014

Розроблено модель для опису поширення управлінської інформації по соціально-економічній мережі. Доведено, що в межах моделі такі мережі можуть бути описані одновимірним ланцюжком, в якому активні агенти розміщені на однаковій відстані (сильнозв'язані мережі) або їх сукупністю (слабкозв'язані). Запропоновано критерій для локальної здатності активних агентів до адекватного відновлення управлінської інформації.

Ключові слова: соціально-економічна мережа, управління, інформація, критерій ефективності управління.

The paper develops a model for the description of management information on the social-economic network. It is proved that within the model such networks can be described as a one-dimensional chain, wherein the active agents are at the same distance from each other (strongly connected network) or a combination of one-dimensional chains (weakly-bound network). The criterion for the local capability of active agents to restore adequate management information is proposed.

Key words: social-economic network, management, information, management efficiency criterion.

Вступ

Стрімкий розвиток технологій комп'ютерних мереж привів до зростання їх використання для управління процесами в соціально-економічних мережах. Соціально-економічні мережі є структурами, які складаються із суб'єктів соціальної та/чи економічної діяльності, які моделюються вузлами мережі, та зв'язків між ними, що здійснюються, як правило, із застосуванням комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення. Суб'єктами (вузлами) соціально-економічних мереж є структури, в які обов'язково входять люди, що приймають рішення та/чи здійснюють діяльність в певній предметній області (інтер'єрі чи контексті діяльності).

Прикладами соціально-економічних мереж є соціальні мережі, такі як ВКонтакте, Facebook, LinkedIn, Social Science Research Network, ArXiv тощо, веб-портали Coursera, eBay, Amazon тощо, веб-сайти провідних університетів світу, веб-сайти професійних асоціацій, політичних партій тощо. Також прикладами є веб-сайти провідних фірм світу, в межах яких здійснюється не тільки зв'язок між окремими людьми в фірмі, але й між окремими структурами фірми, які часто розташовані на різних континентах.

Люди (вузли мережі), які беруть участь у соціально-економічних мережах, приймають рішення та/чи здійснюють свою діяльність із урахуванням інформації, яку вони отримують від інших людей (вузлів мережі). Тому одним із основних напрямів моделювання соціально-економічних мереж є моделювання процесу сприйняття інформації вузлом соціально-економічної мережі та передавання обробленої інформації іншим вузлам мережі. В межах таких формальних моделей вузли мережі часто називаються "агентами" або "активними агентами" [1], а мережі – "багато-агентними мережами" [2]. Загалом, у теорії управління організаційними системами та соціальними мережами під терміном "агент" розуміють суб'єкт, яким управляють, – наприклад, людину, колектив чи організацію [1–3].

З наукового погляду актуальним завданням є розроблення відповідних математичних моделей, зорієнтованих на зменшення розмірності обчислень під час імітаційного моделювання

соціально-економічних мереж. Пряме імітаційне моделювання навіть найпростіших інформаційних процесів у таких мережах, які складаються часто із $10^6 - 10^7$ вузлів (що характерно, наприклад, для соціальних мереж), є далеко не тривіальною задачею. Також нетривіальною науковою задачею є моделювання властивостей самих вузлів соціально-економічних мереж, які можуть бути ідентифіковані в експерименті.

Практичні застосування моделей соціально-економічних мереж сьогодні все ширше використовуються в задачах інформаційної безпеки, дифузії інновацій, моделювання колективних дій (включаючи управління довірою та моделювання революцій) тощо.

Отже, розроблення моделей інформаційних процесів у соціально-економічних мережах є актуальною науковою задачею, практична значущість якої постійно зростає.

Огляд літератури

Кількість наукових публікацій із моделювання різних аспектів поведінки соціально-економічних мереж стрімко зростає. Російською мовою огляд сучасного стану таких досліджень подано в книгах [1, 2]. Класичні теоретичні та прикладні результати подано англійською мовою в [4, 5]. Українською мовою подано лише окремі фахові публікації.

У статті вжито термін “соціально-економічні мережі (СЕМ)” для означення мереж, які можна подати у вигляді графів, у вузлах яких містяться суб’єкти прийняття рішень та здійснюється певна діяльність. В науковій літературі для них використовують також назви “соціальні мережі” (переважно російськомовні джерела та англомовні джерела економічного спрямування), багатоагентні системи (переважно джерела технічного спрямування), чи просто “мережі” (також переважно технічного чи математичного спрямування). Запропонована авторами назва видається адекватнішою, оскільки підкреслює те, що дослідження орієнтоване на моделювання саме процесу передавання управлінської інформації, причому в вузлах мережі – суб’єкти інформаційного процесу, які, на основі отриманої інформації, приймають рішення та здійснюють певну діяльність.

Моделі СЕМ використовуються в багатьох предметних областях, серед яких найпопулярнішими є економіка (передовсім інновації, менеджмент та маркетинг), політика (передовсім вибори), революційні виступи, злочинність, тероризм, катастрофи та надзвичайні події, війни, розповсюдження епідемій тощо.

В [1] наведено достатньо великий огляд сучасної літератури з проблематики СЕМ в предметній області соціальних мереж. Автори зосередилися на моделюванні задач інформаційного протиборства в соціальних мережах та управління поведінкою людей за рахунок використання репутації членів соціальної мережі. Однак в монографії проаналізовано доволі вузькоспеціалізовані задачі, які не дають змогу здійснити верифікацію в умовах реальних соціальних мереж. Фактично, в [1] йдеться лише про якісні результати, які метафорично описують реальність.

У монографії [2] вводиться у розгляд клас задач, для розв’язання яких експерти розташовані у вузлах СЕМ. Матеріал у монографії подано на рівні лінгвістичних моделей, що не дозволяє перейти на рівень реалізації процесу імітаційного моделювання.

Книги [4, 5] є фундаментальними курсами із СЕМ. Якщо книга [4] зорієнтована насамперед на прикладників, то матеріал книги [5] подається на високому фаховому математичному рівні, а її автором є один із активних в цій сфері науковців, що вивчає соціальні та економічні ефекти із застосуванням інструменту СЕМ. В цих монографіях розглянуто широкий спектр задач: використання теорії графів та теорії ігор для аналізу СЕМ, задачі опису ринку та стратегічної взаємодії в СЕМ, інформаційні мережі та Інтернет, популяційні моделі в СЕМ, динамічні процеси в мережі, суспільні інститути та агрегована поведінка агентів.

Моделювання СЕМ відбувається зазвичай переважно в межах методології імітаційних комп’ютерних експериментів. Кількість розв’язаних у цій галузі наукових та прикладних задач стрімко зростає.

У [6] розроблено математичний апарат для моделювання мультиагентних мереж, агентами в яких є люди, що приймають рішення або здійснюють вибір, та запропонована топологічна класифікація СЕМ. Побудовано систему алгоритмів розв’язання сукупності важливих для практичного застосування задач з управління виробничими та організаційними структурами. Отримані результати на основі дослідження моделі діяльності агента, яким виступає людина.

В [7] розглядаються задачі навчання агентів для здійснення спільних дій в СЕМ за умови наявності заохочення та покарання (за рахунок збільшення/зменшення рівня доступу до ресурсів). Розглянуто умови, коли окремі агенти хочуть скористатися ресурсами, не заплативши за них (так звана “проблема безбілетника”). Такі модельні ситуації мають велике значення для розуміння процесів кооперації зусиль. Розвиток такого підходу в [8] дозволив змоделювати інтенсивність проявів альтруїзму агентів СЕМ залежно від їх смертності в мережі та витрат на колективну поведінку. Результати свідчать про критичну важливість умов конкуренції між агентами.

В [9] розглянуто вплив фактора, яким є величина групи (тобто кількості вузлів у СЕМ) на рівень ефективності колективної дії. Виявлено, що ефективність колективної дії залежить від розміру групи нелінійно. Результати отримано за допомогою аналізу бази даних щодо вирубки лісів у Китаї.

Взаємозв'язок між структурою СЕМ та результуючою поведінкою агентів досліджується в [10]. Встановлено, що наявність двох видів агентів, які мають асиметричні властивості, надає суттєву перевагу для всієї сукупності агентів внаслідок вищого рівня адаптації СЕМ до змін.

Постановка задачі. Імітаційне моделювання є одним із основних інструментів дослідження СЕМ, тому що результати аналітичних розрахунків є або винятком, або ж асимптотичними, якщо $n \rightarrow \infty$, де n – кількість агентів (вузлів) в СЕМ. Тому зменшення обчислювальної складності задачі, для розв'язання якої буде застосовано апарат імітаційного моделювання, є важливим напрямом наукових досліджень.

Іншим важливим аспектом є створення математичних моделей для процесів у СЕМ, які оперують параметрами та характеристиками, що мають чіткий семантичний зміст та можуть бути експериментально виміряні. Це необхідно для того, щоб здійснити верифікацію моделі та процесів імітаційного моделювання, реалізованих на її основі, а також провести інтерпретацію отриманих результатів.

Нарешті, невирішеною проблемою залишається моделювання специфічної особливості агентів у СЕМ, яка полягає в тому, що різні агенти можуть проявляти різні властивості в сприйнятті та переробці інформації. І навіть більше: ці властивості можуть істотно залежати від місця розташування агента в мережі.

Отже, проблема побудови математичних моделей процесів передавання управлінської інформації в СЕМ, які не потребують значних обчислювальних ресурсів при імітаційному моделюванні, оперують експериментально вимірюваними характеристиками та враховують залежність параметрів агента від місця його розташування в мережі, є актуальною науковою та прикладною задачею.

Метою роботи є розроблення моделі процесів передавання управлінської інформації в соціально-економічній мережі з урахуванням інформаційних властивостей активних агентів.

Основна частина

Людина є центральним елементом СЕМ. Вона сприймає завдяки комунікаційним зв'язкам інформацію від одних людей, обробляє її та передає оброблену інформацію далі іншим людям за допомогою інших комунікаційних зв'язків. Цей процес приймання – опрацювання та передавання інформації супроводжується, як правило, втратою інформації (і доволі часто вона доповнюється новими елементами). Особливо важлива ця обставина для управлінської інформації, яка є новою для всіх агентів у СЕМ.

В [11] сформовано математичний апарат для моделювання специфічних особливостей цього процесу і доведено, що “втрати” інформації зумовлені наявністю певного типу сприйняття та переробки інформації людиною. Автор наводить метод ідентифікацій “інформаційного” типу людини та подає результати його верифікації.

Наведемо лише декілька класів задач, до яких застосовні моделі, що відображають згадані особливості.

Перший клас задач – це задачі аналізу процесів “дифузії інновацій” по СЕМ. В [12] цей процес демонструється на прикладі мережі цитувань наукових статей, а в [13] дифузії інновацій показано на прикладі зв'язків університетів та відповідних проектних старт-апів у Швеції.

Другий клас задач – це поширення новин по СЕМ, – наприклад, у межах відповідних політичних процесів чи цілеспрямоване поширення чуток.

Третій клас задач – це поширення епідемій в соціумі з урахуванням проведення імунізації населення (або ж з урахуванням імунного статусу людей).

Четвертий клас задач – це задачі захисту інформації, що враховують специфіку мережевого розповсюдження інформації серед людей, які не цілком усвідомлюють її цінність (або які не володіють відповідними технологіями її аналізу).

Надалі розглядатимемо такі СЕМ, в яких комунікаційні зв'язки між людьми реалізуються миттєво. Це допущення не слід розглядати як обмеження, оскільки в сучасних умовах переважна більшість людей використовують засоби Інтернету, мобільний зв'язок тощо, які практично забезпечують таку можливість. Це дозволяє моделювати СЕМ множиною зважених графів із однаковими ребрами. В цьому випадку “відстань” між двома агентами можна задавати найкоротшим шляхом між ними за умови, що всі ребра мають одиничну вагу [14].

Розглянемо СЕМ, в яких інформацію вводить один агент, якого позначимо a_m . Тоді для кожного іншого агента можна знайти найкоротший шлях (відстань n) від агента a_m до агента a_k . Для цього можна скористатися, зокрема, алгоритмом Дейкстри [14].

Поняття “інформація” вживатимемо в тому сенсі, в якому воно використовується в межах теорії управління [1–6]. Зокрема, її можна змоделювати базою даних/знань, елементами якої є кількісні та лінгвістичні змінні. Тоді термін “кількість інформації” відповідатиме кількості елементів такої бази даних/знань. А термін “забування” стосовно агентів СЕМ (людей) відповідатиме тому, що агенти під час поширення інформації втрачають деякі її елементи.

Отже, кожному агенту в СЕМ можна поставити у відповідність натуральне число $n \in N$, яке відповідає відстані між агентами a_m і a_k . Це дозволяє *впорядкувати* всіх агентів в СЕМ за значенням n . Деяка частина агентів може мати однакове значення n .

Введемо функцію $g(n)$ – кількість агентів, які позначені однаковим числом n . Вважатимемо, що всі вони знаходяться на однаковій відстані від агента a_m , який вводить інформацію у СЕМ.

Тобто, в межах сформульованої задачі здійснено перехід від моделі СЕМ у вигляді зваженого графу (стандартна модель СЕМ [1, 2, 4, 5]) до одновимірної моделі, заданої у вигляді функції $g(n)$ на множині натуральних чисел.

Ввівши у СЕМ відстань від початкового агента до довільного іншого агента, можна ввести функцію $m(n)$, яка дає змогу моделювати ефект втрати інформації (ефект “забування”) у СЕМ. Функція $m(n)$ визначає, яку частину від *початкової* інформації отримує агент, який перебуває на відстані n від агента a_m . Зауважимо, що апріорно не слід вважати цю функцію мультиплікативною чи адитивною (мультиплікативність відповідає припущенню, що всі агенти зменшують кількість інформації в однаковій пропорції, а адитивність – що всі вони зменшують кількість інформації на однакову величину).

Функція $m(n)$ задовольняє такі умови:

$$m(n) > 0, \quad m'(n) < 0, \quad m''(n) > 0. \quad (1)$$

Перша з умов, поданих у (1), означає, що кожен агент СЕМ отримає певну інформацію (навіть якщо вона є дуже малою). Друга умова в (1) означає, що у разі збільшення відстані від джерела інформації (початкового агента) кількість інформації може лише зменшуватися. Третя умова в (1) означає, що функція $m(n)$ є опуклою донизу, тобто втрати інформації змінюються зі зростанням відстані n досить швидко.

Якщо перша та друга умови є інтуїтивно очевидними, то третя відповідає експериментально відомому факту [15,16], що процес забування інформації кожним агентом із часом характеризується функцією, опуклою донизу (так званий “ефект Ебінгауса”). Зауважимо, що для мультиплікативної функції $m(n)$ третє співвідношення буде виконане. Оскільки в межах сформульованої задачі процеси генерації (створення) управлінської інформації в СЕМ не розглядаються, вважаємо, що

управлінську інформацію втрачає кожна людина як на етапі її сприйняття, так і на етапі її подальшого передавання.

Введемо деякі поняття та означимо сильно- та слабкозв'язані СЕМ [4, 5].

Визначення 1. Два вузли СЕМ називаються сильнозв'язаними, якщо видалення одного із них чи деякої малої кількості вузлів між ними не призводить до кардинального збільшення найкоротшого шляху між ними або до відсутності такого шляху.

Під “малою кількістю” у визначенні розуміється така кількість вузлів, яка є набагато меншою, аніж кількість вузлів, через які проходить найкоротший шлях між цими двома виділеними вузлами.

Визначення 2. Два вузли СЕМ називаються слабкозв'язаними, якщо видалення одного вузла чи малої кількості вузлів між ними призводить до кардинального збільшення найкоротшого шляху між ними або до відсутності такого шляху.

Приклад слабо- та сильнозв'язаних фрагментів у СЕМ (які іноді називають кластерами) подано на рис. 1, де штриховими лініями обведено сильнозв'язані фрагменти СЕМ А, Б та В, водночас ці фрагменти слабкозв'язані між собою зв'язками між агентами 2-6 та 3-8.

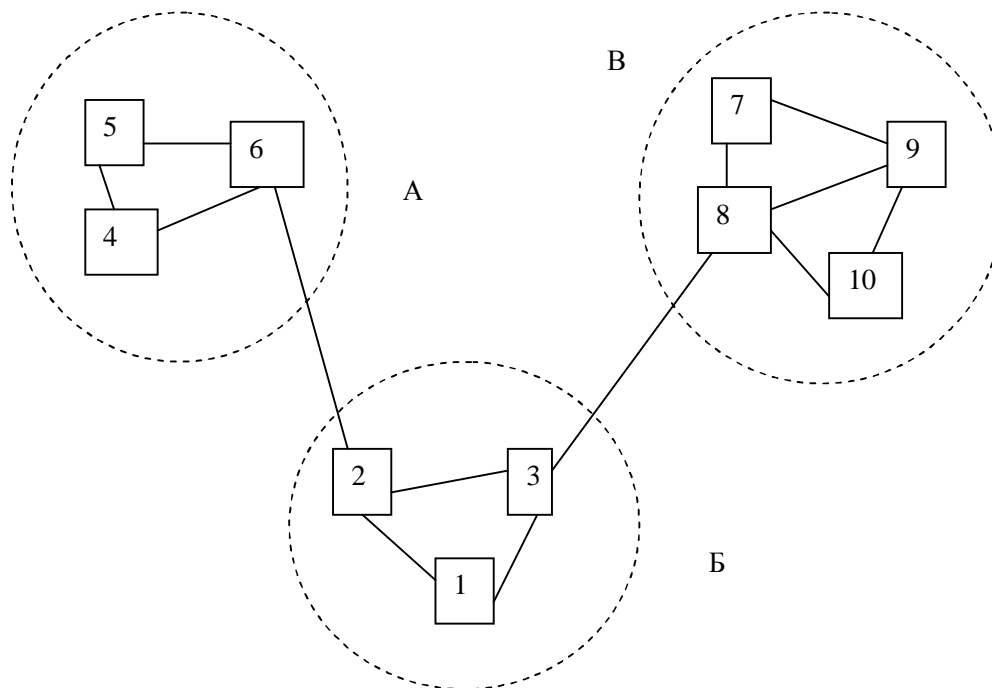


Рис. 1. Приклад слабо- та сильнозв'язаних фрагментів (кластерів) у соціально-економічній мережі

Якщо розірвати, наприклад, зв'язок між агентами 2 та 6, тобто видалити або агента 2 (для фрагмента мережі Б), або агента 6 (для фрагмента мережі А), то СЕМ розпадеться на дві не зв'язані між собою мережі А та Б+В. Якщо видалити зв'язок між агентами 3 та 8, то мережа, зображена на рис. 1, розпадеться на дві мережі А+Б та В, коли ж видалити обидва зв'язки – як між агентами 2 та 6, а також між агентами 3 та 8, то мережа, подана на рис. 1, розпадеться на три незалежні мережі: А, Б та В.

Сформулюємо задачу.

Нехай один із вузлів СЕМ є джерелом управлінської інформації, яка поширюється мережею від одного агента (вузла) до іншого. Звичайно, до частини агентів управлінська інформація може надходити різними шляхами, які проходять через різну кількість вузлів мережі.

Припущення 1. Аналізуватимемо ситуацію, коли завдання агента полягає в тому, щоб передати управлінську інформацію далі, причому виконати цю дію відразу ж після її отримання.

Розглянемо варіанти ситуацій сильнозв'язаних та слабкозв'язаних СЕМ.

Сильнозв'язана СЕМ.

В сильнозв'язаній СЕМ кожному агенту n поставимо у відповідність число, яке характеризує найкоротший шлях між ним та агентом – джерелом управлінської інформації. При цьому всіх

агентів в СЕМ можна впорядкувати відповідно до довжини введеного вище шляху. Назвемо цю довжину *відстанню* між джерелом управлінської інформації (який позначаємо $n=0$) та заданим агентом.

Для цієї мережі справедливою є така властивість.

Властивість 1. Для сильнозв'язаних соціально-економічних мереж сформульована вище задача управління зводиться до задачі передавання інформації по одновимірній мережі, в якій відстань між агентами однакова. Першим у мережі є активний агент, який вводить управлінську інформацію в мережу.

Слабкозв'язана СЕМ.

Для такої мережі теж можна ввести поняття *відстані* між довільним агентом та агентом, який вводить управлінську інформацію в мережу. Проте внаслідок зробленого припущення 1 окремі *кластери* агентів повинні розглядатися *окремо*. Внаслідок цього отримуємо таку властивість.

Властивість 2. Для слабкозв'язаних соціально-економічних мереж сформульована вище задача управління зводиться до задачі передавання управлінської інформації по *сукупності* одновимірних мереж, в яких відстань між агентами є однаковою. Ці мережі утворюють топологію типу “зірка”, в центрі якої – активний агент, що вводить управлінську інформацію в мережу. Кожен “промінь зірки” описує окремий кластер мережі.

Тобто, базуючись на властивості 2, можна стверджувати, що система показників, які характеризують слабкозв'язану мережу, може бути зведена до декількох наборів (систем показників), які характеризують *окремі* сильнозв'язані кластери.

У межах сформульованої в статті задачі аналіз СЕМ зводиться до дослідження поведінки певних функцій, котрі задані на множині натуральних чисел $n \in N$.

Критерій ефективності управління в СЕМ. У межах побудованої моделі можуть формулюватись задачі розрахунку рівня ефективності управління в СЕМ.

Задача 1. Знайти та відмітити тих агентів (вузли СЕМ), які спроможні виконати управлінську діяльність із заданою ефективністю.

Всі агенти при цьому вважаються *однаковими*. Це означає, що кожен із них здатний здійснювати управління з однаковою ефективністю у випадку, коли вони отримали однакову управлінську інформацію.

Вважаємо, що ефективність E управління однозначно залежить від кількості інформації $m(n)$, яку отримав агент. Функція $E(m)$ є монотонно зростаючою. Це відповідає тому, що із зростанням кількості інформації, яка необхідна для управління, ефективність процесів управління зростатиме. Базуючись на цьому твердженні, замість вживання концепту “ефективність управління E ”, використовуватимемо концепт “кількість управлінської інформації $m(n)$ ”.

Як правило, можна виділити ту *мінімальну* кількість інформації I_c , отримання якої є достатнім для здійснення управління, що відповідає певним наперед заданим критеріям. При цьому кількості інформації $I > I_c$ звичайно теж достатньо для здійснення управління, відповідного до заданих критеріїв.

Тоді всі агенти, розміщені на відстані $n \leq n_c$ від агента, який вводить інформацію в СЕМ, будуть здійснювати управління, що задовольняє сформульовані вимоги. Значення n_c знаходять як розв'язок рівняння (2).

$$m(n_c) = I_c. \quad (2)$$

Звертаючись до графу, який відповідає аналізованій СЕМ, можна промаркувати ті вузли, в яких розташовані агенти із потрібними властивостями.

Задача маркування *всього* графу (СЕМ) розв'язується за скінченну кількість кроків введенням управлінської інформації у “граничних” вузлах.

Як приклад, до задач такого типу належать задачі управління поширенням чуток, конкурентної розвідки, дезінформування тощо. Застосовуючи цей метод до оберненої задачі, результати її розв'язання можуть використовувати в сфері контррозвідувальної діяльності. До задач такого ж класу можна зарахувати і задачі навчання в СЕМ.

Зауважимо, що при розв'язанні задачі 1 не виникає потреби аналізувати введену вище кількість найкоротших шляхів до виділеного агента від агента – джерела інформації.

Задача 2. Знайти та відзначити тих агентів, які *потенційно* здатні здійснити управлінську діяльність із заданою ефективністю.

Додатково до сформульованих вище умов попередньої задачі вважаємо, що *всі* агенти здатні відновити інформацію (із певною ймовірністю), яка необхідна для здійснення управління із заданою ефективністю I_c .

Область СЕМ, в якій здійснюється управління із заданою ефективністю (тобто в якій агенти отримують кількість інформації $I > I_c$), обмежується певною границею, відстань до якої становить n_c .

Але тепер, на відміну від попередньої задачі, врахуємо таку особливість: інформація до довільного агента може доходити різними альтернативними шляхами. Нехай $g(n)$ – кількість *найкоротших* шляхів, які йдуть від “початкового” агента (який вводить управлінську інформацію в мережу) до n -го агента мережі. Ці шляхи проходять через різних агентів. Врахуємо, що різні агенти (різні люди) втрачають *різні* фрагменти інформації. Внаслідок цього довільний агент, що перебуває на відстані n в мережі, зможе *частково* відновлювати інформацію, доповнюючи її фрагментами інформації, що дійшли до нього альтернативними шляхами.

Нехай $p(g(n))$ – ймовірність того, що n -й агент мережі здатний адекватно відновити управлінську інформацію (ця здатність залежить від кількості шляхів $g(n)$ від початкового агента мережі до n -го агента мережі). Тоді границю області в СЕМ, де можливе здійснення управлінської діяльності із заданою ефективністю, можна знайти із такого рівняння.

$$m(n_c) \cdot g(n_c) \cdot p(g(n_c)) = I_c. \quad (3)$$

У формулі (3) враховано ту обставину, що у випадку, коли управлінську інформацію активний агент отримує із *декількох різних* джерел, ефективність її відновлення підвищується.

В загальному випадку, функція $p(g)$ задовольняє такі умови:

$$p'(g) > 0, p''(g) > 0. \quad (4)$$

Ці умови відповідають умовам насичення: кожна додаткова кількість інформації все менше впливає на ефективність управлінської діяльності [15,16]. Максимальне (асимптотичне) значення, звичайно, задовольняє умову $p_c \leq 1$.

$g(n)$ задає певну границю в СЕМ: це кількість агентів, які перебувають у мережі на відстані n від агента a_n . Ця кількість буде пропорційна до площі поверхні в просторі розмірності k , де $k \geq 1$ – середня кількість зв'язків між агентами в СЕМ. Тоді оцінити кількість шляхів до n -го агента мережі можна так [17]

$$g(n) = c \cdot n^{k-1}, \quad (5)$$

де c – константа, яка відображає загальну топологічну структуру СЕМ, для слабкозв'язаних СЕМ (константа в (5) може залежати від відстані n).

Як видно із (5), функція $g(n)$ зростає із відстанню від агента – джерела інформації, тоді як функція $m(n)$ є спадною функцією (1). Функція $p(g)$ також зростає із відстанню n . Саме внаслідок цього може виникати можливість того, що співвідношення (3) буде виконане за *декількох* різних значень n_c .

Задачі такого типу виникають під час моделювання процесів інформаційно-аналітичної діяльності, коли аналітики активно збирають та аналізують інформацію, що надходить до них із різних джерел (наприклад, у процесі функціонування розвідувальних груп). Такі моделі можуть описувати процеси, характерні для предметної області інформаційної безпеки держави, коли необхідно “запустити” в суспільний обіг *чутки* чи активізувати певні методи та алгоритми діяльності як превентивні заходи або щоб запобігти негативним інформаційно-психологічним впливам [18]. Також за допомогою цих моделей з'являється можливість пояснення ефектів *спонтанної синхронізації* актів соціальної непокорності та загострення суспільного стану у просторово розділених спільнотах.

Висновки та перспективи подальших досліджень

У статті запропоновано модель опису процесів поширення управлінської інформації в соціально-економічних мережах. Показано, що в межах цієї моделі мережі можуть бути описані одновимірним ланцюжком, в якому активні агенти перебувають на однаковій відстані (сильнозв'язані мережі), або їх сукупністю (слабкозв'язані). Запропоновано критерій локальної здатності активних агентів до адекватного відновлення управлінської інформації.

Використання отриманих результатів дає змогу здійснювати імітаційне моделювання значної кількості суспільних процесів, в яких здійснюється поширення інформації по мережі. При цьому процес імітаційного моделювання СЕМ потребує значно менших обчислювальних ресурсів, аніж існуючі [2, 4, 5], в яких імітаційне моделювання здійснюється з використанням алгоритмів прямого розповсюдження інформації в мережі.

Розроблений апарат спирається лише на ті характеристики мережі й агентів, які можна виміряти експериментально. До того ж ці експерименти можна проводити в одних предметних областях, а використовувати їх результати для прогнозу в інших предметних областях. У межах моделі використовується функція, яка описує ефекти втрати інформації в процесі комунікації. Ця функція не залежить від виду інформації, що передається від комуніканта до комуніканта. Вона зумовлена видом мережі (скайп, Інтернет, електронне листування, соціальні мережі, електронні ЗМІ, телефон, спілкування у натовпі тощо).

Отримані результати можна узагальнити на випадок, коли в СЕМ існує декілька джерел інформації, вони дозволяють враховувати “силу” кожного із джерел. Надалі ці моделі подамо окремою статтею.

1. Губанов Г. А., Новиков Д. А., Чхартишвили А. Г. Социальные сети: моделирование информационного влияния, управления и противоборства. – М. : Физматлит, 2010. – 228 с.
2. Сетевая экспертиза / под ред. Д.А. Новикова, А.Н. Райкова. – М. : Эгвес, 2011. – 166 с.
3. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: Физматлит, 2007. – 584 с.
4. Easley D., Kleinberg J. *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2010. – 833 p.
5. Jackson M. O. *Social and Economic Networks*. – Princeton : Princeton University Press, 2010. – 520 p.
6. Шиян А. А. Про один клас мультиагентних мереж для оптимального управління організаційними структурами // Проблеми інформатизації та управління. – 2013. – Вип. 4(44). – С.86–92.
7. Sigmund K., De Silva H., Traulsen A., Hauert C. *Social learning promotes institutions for governing the commons* // *Nature*. – 2010. – V.466. – P.861–863.
8. Debarre F., Hauert C., Doebeli M. *Social evolution in structured populations* // *Nature Communications*. 2014. – V.5, No.3409. – 7 p.
9. Yang W., Liu W., Vin~a A., Tuanmu M., He G., Dietz T., Liu J.. *Nonlinear effects of group size on collective action and resource outcomes* // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. – 2013. – V.110. – P.10916–10921.
10. Zhen W., Szolnoki A., Perc M. *Self-organization towards optimally interdependent networks by means of coevolution* // *New J. Phys.* – 2014. – V. 16, No.033041. – 14 p.
11. Шиян А.А. Теоретико-ігровий аналіз раціональної поведінки людини та прийняття рішень в управлінні соціально-економічними системами. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2009. – 404 с.
12. Ebrahim A.N., Salehi H., Embi M.A., Habibi F., Gholizadeh H., Motahar S.M. *Visibility and Citation Impact* // *International Education Studies*. – 2014. – V. 7, No. 4. – P.120–125.
13. Hellerstedt K., Wennberg K., Frederiksen L. *University Knowledge Spillovers & Regional Start-Up Rates: Supply and Demand Side Factors* // *Advances in Entrepreneurship, Firm Emergence, and Growth*. – 2014. – V. 16, Forthcoming. Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=2411798>. (March 19, 2014).
14. Бондаренко М.Ф., Білоус Н.В., Руткас А.Г. *Дискретна математика*. – Харків: Компанія СМІТ, 2004. – 480 с.
15. *Справочник по инженерной психологии* / под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.
16. *Общая психология* / под ред. А.В. Петровского. – М.: Просвещение, 1986. – 464 с.
17. Дубровин Б. А. Новиков С. П., Фоменко А. Т. *Современная геометрия*. – М.: Наука, 1979. – 760 с.
18. Бурячок В.Л., Шиян А.А. *Класифікація технологій для здійснення інформаційно-психологічного впливу на процес раціональної діяльності людини* // *Сучасний захист інформації*. – 2014. – № 1. – С.64–70.