

Kateryna Molodetska (Ukraine)

THE MECHANISM OF SYNERGETICALLY CONTROLLED SELF-ORGANIZATION OF ACTORS IN SOCIAL NETWORKING SERVICES

Abstract

Today social networking services are one of the most popular virtual platforms for implementing social communication in the information space. In this case, social networking services provide the basic needs of actors in communication, belonging to virtual communities, new knowledge, self-realization, security, etc. At the same time, social networking services can be used by the world leading countries to achieve one-sided advantages in the national information space and influence on social and political processes in the state, public opinion, social exacerbation, interethnic and interreligious conflicts, etc. That's why providing the state's information security in social networking services is one of the most acute problems in Ukraine and around the world. It is established that the most promising direction of counteracting the threats to state information security in social networking services and managing the dynamics of interaction between the actors is the use of the concept of synergetic management. However, currently there are no practical recommendations for the implementation of synergetic management with the use of social control for self-organization in social networking services. The article systematizes the basic components of social control in social networking services. It is established that they are divided into social norms and social sanctions. The structure of each component of social control in social networking services and the peculiarities of their implementation are revealed. The synergetic model of interaction between the actors in social networking services is synthesized, which will ensure the formation of a stable virtual community. Such a virtual community is capable of counteracting the threats to the state's information security in the information space of services through the implementation of social control over the members of the virtual community and the dissemination of a strategic narrative to counteract the content of destructive nature. The experimental research of the proposed model of synergetic control for a hidden artificially controlled transition of the virtual community of actors in social networking services to the state of state information security is performed. It is proved that the effectiveness of such a management compared to the unmanaged processes of the formation of stable virtual communities increases 3.3 times and allows to attract a greater number of actors of social networking services.

Keywords

actor, state information security, synergetical management, social networking services, social control, Mono model

JEL Classification

O39

К.В. Молодецька (Україна)

МЕХАНІЗМИ СИНЕРГЕТИЧНО КЕРОВАНОЇ САМООРГАНІЗАЦІЇ АКТОРІВ У СОЦІАЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-СЕРВІСАХ

Анотація

Наразі соціальні інтернет-сервіси представляють собою одну з найпопулярніших віртуальних платформ для здійснення соціальної комунікації в інформаційному просторі. При цьому соціальні інтернет-сервіси забезпечують базові потреби акторів у спілкуванні, приналежності до віртуальних спільнот, нових знаннях, самореалізації, безпеці тощо. Одночасно соціальні інтернет-сервіси можуть бути використані провідними державами світу для досягнення однобічних переваг в національному інформаційному просторі та впливу на суспільні й політичні процеси в державі, громадську думку, загострення соціальних, міжнаціональних та міжрелігійних конфліктів тощо. Тому забезпечення інформаційної безпеки держави у соціальних інтернет-сервісах є однією з найбільш гострих проблем в Україні та всьому світі. Встановлено, що найбільш перспективним напрямком протидії загрозам інформаційної



S. KUZNETS KHNUUE



Founder:

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics, Nauky avenue, 9-A, Kharkiv, 61166, Ukraine
<http://www.hneu.edu.ua/>

Received on: 26th of November, 2018

Accepted on: 17th of December, 2018

© Kateryna Molodetska, 2018

Kateryna Molodetska, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Educational and Scientific Center of Information Technologies, Zhytomyr National Agroecological University, Ukraine.



This is an Open Access article, distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

безпеки держави у соціальних інтернет-сервісах та управління динамікою взаємодії акторів є використання концепції синергетичного управління. Однак, наразі відсутні практичні рекомендації щодо реалізації синергетичного управління з використанням соціального контролю для самоорганізації у соціальних інтернет-сервісах.

У статті систематизовано базові компоненти соціального контролю в соціальних інтернет-сервісах. Встановлено, що вони поділяються на соціальні норми і соціальні санкції. Розкрито структуру кожної з компонент соціального контролю у соціальних інтернет-сервісах та особливості їх реалізації. Проведено синтез моделі синергетичного управління взаємодією акторів у соціальних інтернет-сервісах, яка забезпечить утворення стійкої віртуальної спільноти. Така віртуальна спільнота здатна до протидії загрозам інформаційній безпеці держави в інформаційному просторі сервісів завдяки реалізації соціального контролю над учасниками віртуальної спільноти й поширенню стратегічного наративу для протидії контенту деструктивного змісту. Виконано експериментальне дослідження запропонованої моделі синергетичного управління для прихованого штучно-керованого переходу віртуальної спільноти акторів у соціальних інтернет-сервісах до заданого стану інформаційної безпеки держави. Доведено, що ефективність такого управління порівняно з некерованими процесами утворення стійких віртуальних спільнот, підвищується у 3.3 рази і дозволяє залучити більшу кількість акторів соціальних інтернет-сервісів.

Ключові слова

актор, інформаційна безпека держави, синергетичне управління, соціальні інтернет-сервіси, соціальний контроль, модель Моно

Класифікація JEL

O39

ВСТУП

Внаслідок постійного розвитку і вдосконалення інформаційних технологій відбуваються відповідні зміни у системі стратегічних комунікацій суспільства. Наразі здійснюється суттєва переорієнтація каналів поширення інформації, а провідна роль відводиться соціальним інтернет-сервісам (СІС). В основу функціонування СІС покладено феномен соціальної мережевої взаємодії, який полягає у перетворенні інформаційного простору таких сервісів на інструмент формування соціального середовища суспільства, поєднання віртуального життя онлайн та реального життя офлайн [12]. Завдяки цьому сучасні СІС забезпечують своїх користувачів – акторів, не тільки ефективними засобами роботи з різними типами контенту, але й для створення віртуальних спільнот, залучення та координації учасників подій у реальному житті тощо.

Серед характерних особливостей СІС виділимо транскордонність процесів взаємодії акторів, утворення віртуальних спільнот на основі колективних інтересів, рівноправність усіх акторів, високий ступінь довіри до контенту СІС на відміну від офіційних засобів масової інформації тощо. Внаслідок відсутності ефективних процедур верифікації контенту в СІС, вони перетворилися на один з найбільш дієвих засобів для проведення зловмисниками інформаційних операцій, спрямованих проти інформаційної безпеки держави (ІБД). При цьому протиборчою стороною цілеспрямовано поширюється контент деструктивного змісту з метою маніпуляції суспільною думкою, впливу на політичні й державотворчі процеси, прийняття рішень на державному рівні тощо.

Зокрема, за даними журналістського розслідування «РБК» [26] для впливу на суспільну думку громадян США під час президентської кампанії влітку 2016 р. використано 100 співробітників «фабрики тролів» з Санкт-Петербурга (Росія). При цьому в СІС утворено щонайменше 120 віртуальних спільнот і тематичних профілів акторів, які публікували контент для поширення контенту, який сприяв появі соціальної напруженості й міжнародної ворожнечі щодо питань відокремлення штату Техас, права на вільне носіння зброї та нелегальної міграції. Цільова аудиторія інформаційної операції охоплювала 30 мільйонів акторів на тиждень. Протиборчій стороні з офісом, розміщеним у Росії, вдалося завдяки використанню СІС організувати близько 40 реальних мітингів на території США.

Таким чином, існує об'єктивне протиріччя між зростанням рівня популярності СІС для здійснення соціальної комунікації у всьому світі й Україні зокрема та необхідністю підвищення рівня ІБД при використанні її громадянами СІС. Тому, зважаючи на високий рівень розвитку інформаційної сфери, виникає нагальна проблема у забезпеченні ІБД у СІС, вирішення якої визначає суверенітет держави в світовому інформаційному просторі та формує її політичну та економічну роль на світовій арені.

1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1. Хаотична динаміка взаємодії акторів у соціальних інтернет-сервісах

Численні дослідження взаємодії акторів у СІС [9, 23, 31, 32] визначають їх як інструмент формування динамічного інформаційного простору. Сучасні СІС використовуються великою кількістю акторів – вузлів зв'язку, поєднаних між собою різними відношеннями, які формують канали передачі контенту. Віртуальні спільноти акторів у СІС, утворені на основі їх спільних інтересів, здатні динамічно змінювати свою структуру, а самі процеси взаємодії акторів характеризуються високою чутливістю до будь-яких змін початкових умов або параметрів інформаційного простору. У результаті проведення в інформаційному просторі СІС інформаційних операцій, які представляють собою зовнішні системні збурення, можуть виникати не прогнозованість і некерованість процесів соціальної комунікації акторів не тільки у віртуальному просторі, але й у реальному житті.

Так, в умовах формування інформаційного суспільства на міжнародній геополітичній арені особливого значення набуває концепція керованого хаосу [3, 16, 24, 29], суть якої зводиться до контролю нестабільності в окремій державі. При цьому протиборчою стороною активно використовуються суспільне напруження і суперечності, відсутність дієвих каналів комунікації влади, поширення усталеної суспільної думки щодо нездатності керівництва держави виконувати покладені на нього завдання [24]. Експансія здійснюється шляхом використання громадських груп або об'єднань, що беруть під свій контроль канали стратегічної, урядової та кризової комунікації з подальшим їх використанням для висвітлення подій в державі на весь світ. В першу чергу об'єктом такого деструктивного впливу стає суспільна думка, національні цінності та ідентичність, культура тощо. Усі дії оцінюються як прогресивний шлях до розвитку суспільства і держави, а конфлікти, які при цьому виникають, перетворюються на революції, громадянські війни та збройні конфлікти. В умовах послаблення вертикалі державної влади, національного суверенітету, відсутності стабільності особливого значення набуває залежність від підтримки провідних країн світу і вразливість від тиску інших держав [24].

Наразі СІС мають особливе місце для реалізації концепції керованого хаосу як найпопулярніший засіб комунікацій, що пов'язано з такими особливостями взаємодії акторів [5, 19]: віртуальні спільноти акторів у СІС є групою громадян зі спільними інтересами, які діють завдяки самоорганізації; суттєві прояви колективної поведінки у віртуальному просторі; високий рівень довіри до неофіційних джерел контенту, ступінь сприйняття інформаційного впливу; поява лідерів думок, які користуються особливим авторитетом в інших акторів СІС; використання вкрай негативного чи позитивного оцінювання подій різного типу.

У працях [7, 20] доведено, що для протидії загрозам ІБД у СІС шляхом управління процесами взаємодії акторів у віртуальних спільнотах доцільно використовувати положення теорії динамічного хаосу. Вибір ефективного методу управління хаотичною динамікою взаємодії акторів у СІС забезпечить пригнічення хаотичної динаміки для дієвого переходу віртуального співтовариства до заданого стійкого стану ІБД, в якому неможлива реалізація загроз і формуються передумови для сталого розвитку інформаційного простору в умовах глобалізації та вільного обігу контенту.

1.2. Методи управління взаємодією акторів у соціальних інтернет-сервісах

Відповідно до положень теорії динамічного хаосу для управління процесами взаємодії акторів можна використати наступні методи [1, 20, 33]: розімкнене управління, лінійне і нелінійне управління, адаптивне управління, метод ОГУ, нейромережеве управління, нечітку логіку тощо.

Особливостями реалізації розімкненого управління [1, 33] в СІС є здійснення спрямованого інформаційного впливу на віртуальну спільноту, який представляє собою числову функцію, що залежить від часу і не враховує зміну величини показників взаємодії акторів. Такий метод пригнічення хаотичної динаміки недоцільно застосовувати для протидії тривалим інформаційним операціям у СІС, що пов'язано

з більшою ефективністю його використання для швидкоплинних інформаційних акцій. Наразі моделі розімкненого управління синтезовані для обмежених класів задач, тому не можуть бути використаними в умовах зміни оперативної обстановки у інформаційному просторі СІС.

Лінійне та нелінійне управління хаотичною динамікою спирається на методи теорії автоматичного управління [1]. Застосування таких методів для управління процесами взаємодії акторів у СІС обмежується високим ступенем абстракції моделей, що не дозволяють в повній мірі врахувати закономірності соціальної комунікації.

Сутність адаптивного управління зводиться до параметризації моделі взаємодії акторів віртуальної спільноти в СІС і закону управління [21]. Управляючий інформаційний вплив формується з урахуванням обмеження, що параметри процесів взаємодії акторів невідомі й структура взаємозв'язків у віртуальній спільноті невідома. Суттєвими недоліками розглянутого методу управління є низький рівень точності при застосуванні такого управляючого інформаційного впливу в умовах дії комплексних загроз ІБД, недостатній рівень ефективності в умовах функціонування складних динамічних систем, зокрема СІС.

Одним з найбільш дієвих підходів до управління хаотичною динамікою є метод OGY (Ott-Grebogi-Yorke), який полягає у коригуванні параметру взаємодії акторів з метою утримання зображуючої точки системи у фазовому просторі поблизу нестійкої періодичної орбіти [22]. Складність застосування даного методу полягає у необхідності визначення такого параметру взаємодії акторів, управління яким забезпечить перехід до заданого стану ІБД, а також вимога визначення конкретного моменту часу для здійснення управляючого інформаційного впливу на віртуальну спільноту для досягнення такого стану.

Суттєва перевага нейромережевого управління хаотичною динамікою [1] полягає у високій швидкодії процедур навчання нейронної мережі для управління і прогнозування, ідентифікації та управління джерелами хаосу у віртуальних спільнотах. Зокрема, при цьому використовуються адаптивні регулятори з самонавчанням. Однак, завдяки недостатньому ступеню обґрунтування порядку утворення стійкої функціональної ланки нейронів, застосування такого підходу в умовах впливу загроз ІБД в інформаційному просторі СІС є обмеженим.

Регулювання хаотичних процесів може здійснюватися з сумісним використанням нечіткої логіки і мережі регуляторів [15]. Однак, існуючі рішення застосовуються для конкретних завдань, тому синтез системи регуляторів на основі нечіткої логіки для пригнічення хаотичної динаміки процесів взаємодії акторів в умовах постійної модифікації та удосконалення загроз ІБД в СІС є недоцільним.

У дослідженнях [10, 13,14] доведено, що одним з найбільш перспективних напрямків протидії загрозам ІБД у СІС та управління динамікою взаємодії акторів є використання концепції синергетичного управління. Суть запропонованої концепції полягає у штучно-керованому переході СІС від хаотичної динаміки взаємодії акторів до заданого стану ІБД внаслідок цільової самоорганізації у віртуальній спільноті. У працях [17, 18] виконано синтез моделей синергетичного управління на основі запропонованої концепції, які дозволяють змінювати попит акторів на контент деструктивного змісту в СІС. Однак, не розглянуто особливості практичної реалізації синергетичного управління взаємодією акторів з використанням соціального контролю для самоорганізації у СІС. Тому вироблення практичних рекомендацій щодо застосування механізмів самоорганізації акторів у СІС для протидії загрозам в інформаційному просторі є актуальним науково-прикладним завданням на шляху забезпечення ІБД у СІС.

2. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета статті полягає у підвищенні ефективності керованого переходу до заданого стану ІБД у СІС завдяки дослідженню особливостей саморегуляції віртуальних спільнот в інформаційному просторі.

3. МЕТОДИ

Нехай деякий СІС перебуває у стані m_i з множини можливих $M = \{m_i\}$, $i = \overline{1, n}$, який визначає актуальний рівень інформаційної безпеки $Z_{actual}^{m_i}$. У свою чергу, такий стан СІС описується вектором параметрів

PR . Внаслідок впливу на інформаційний простір СІС синергетичного управління $U_j(PR)$ за час T

відбуваються процеси самоорганізації акторів – змінюється структура віртуальних спільнот або параметри взаємодії акторів між собою. Тоді СІС переходить до заданого стану інформаційної безпеки $Z_{preset}^{k_l}$

з можливих $K = \{k_l\}$, тобто

$$Z_{actual}^{m_i}(t) \xrightarrow[T \rightarrow \min]{U_j(PR), F_q(U)} Z_{preset}^{k_l}(t+T)$$

Отже, необхідно визначити сукупність механізмів самоорганізації акторів у СІС $F_q(U)$, використання

яких забезпечить підвищення ефективності реалізації синергетичного управління взаємодією акторів як інформаційного впливу на віртуальну спільноту.

3.1. Соціальний контроль у соціальних інтернет-сервісах

У даній статті під механізмами самоорганізації акторів у СІС будемо розуміти систематизовану сукупність зв'язків між проявами соціального контролю та синтезованим інформаційним впливом на віртуальну спільноту, спрямованих на формування структури віртуальної спільноти для досягнення заданого стану ІБД під час соціальної комунікації.

З публікацій [25, 28] відомо, що для СІС як до класу систем, які еволюціонують, характерні різні прояви соціального контролю. У свою чергу, соціальний контроль у СІС – це систематизована сукупність дій, спрямованих на саморегуляцію віртуальної спільноти акторів, яка дозволяє забезпечити підтримку загальноприйнятих форм поведінки окремих акторів, відношень ними та функціонування віртуальних спільнот в цілому [30]. До соціального контролю у СІС належать усі форми прояву реакції акторів для здійснення суспільного тиску у відповідь на дії інших акторів чи віртуальних спільнот у випадку їх злочинної (делінквентної) поведінки або такої, що відхиляється від загальноприйнятих норм (девіантної). Результатами здійснення соціального контролю у СІС є вплив на процеси взаємодії акторів і динаміку поширення контенту в інформаційному просторі віртуальних спільнот.

На Рисунку1 подано основні компоненти соціального контролю в СІС.

Його головними складовими є соціальні норми і соціальні санкції. Соціальні норми в СІС представлені усталеною сукупністю загальноприйнятих правил, стандартів, відношень між акторами, які забезпечують впорядкованість віртуальної спільноти, стійкість процесів взаємодії акторів, зокрема до деструктивного інформаційного впливу. Функціями соціальних норм у СІС є [30]:

1. Узгодження процесів соціальної комунікації акторів.
2. Об'єднання акторів у віртуальні спільноти, а віртуальних спільнот – у цілісну спільноту сервісу.
3. Контроль девіантної або делінквентної поведінки окремих акторів.
4. Формування еталонних моделей поведінки акторів та їх взаємодії у СІС.

Наразі у більшості СІС розроблено стандарти спільноти сервісу, які визначають перелік дозволених та заборонених акторам дій в інформаційному просторі, призначені для формування безпечного середовища соціальної комунікації, а також для створення передумов різнобічного самовираження акторів. Аналогічні стандарти можуть бути сформульовані адміністраторами віртуальних спільнот у СІС для

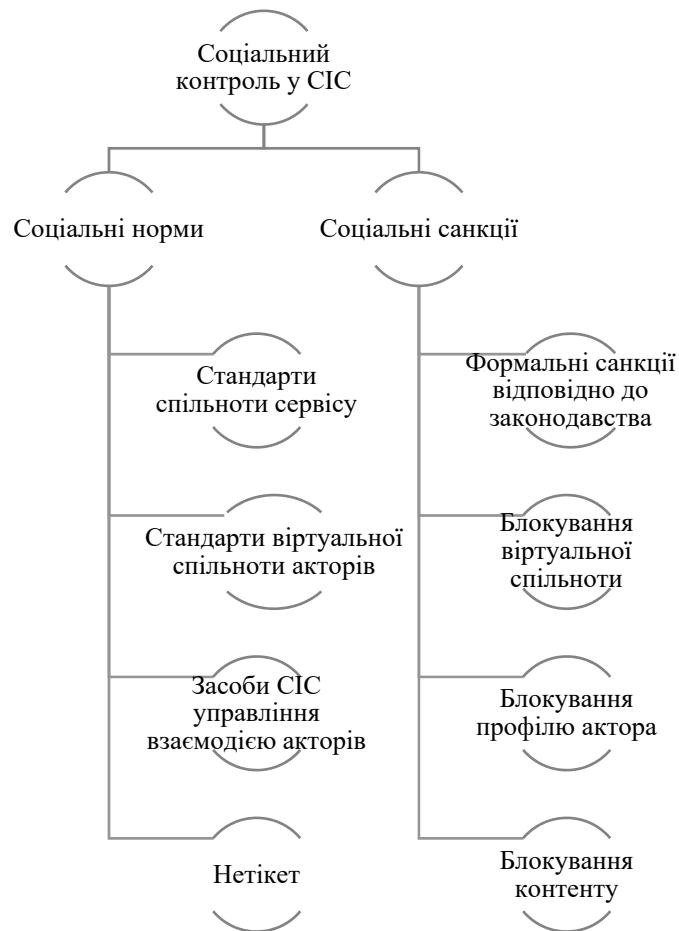


Рисунок 1. Базові компоненти соціального контролю в СІС

закріплення норм поведінки акторів, які є її учасниками. СІС мають розвинутий інструментарій для управління процесами взаємодії акторів, до яких належать засоби оцінювання коментарів і публікацій інших акторів, відгуки про сторінки або окремі дописи з можливістю поскаржитися на їх вміст, можливості блокування контенту, сторінок, акторів чи віртуальних спільнот тощо. Нетікет – сукупність загальноприйнятих правил поведінки у віртуальному просторі, дотримання яких акторами забезпечує створення комфортного середовища здійснення соціальної комунікації.

Соціальні санкції у СІС – це сукупність покарань у правовому полі держави і середовищі СІС, які застосовуються у випадку виявлення відхилень від загальноприйнятих норм взаємодії акторів та віртуальних спільнот з метою гарантованого дотримання в інформаційному просторі СІС стандартів спільноти [30]. У першу чергу соціальні санкції реалізуються як формально-негативні санкції проти акторів з девіантною поведінкою відповідно до низки законодавчих актів – Конституції України, Закону України «Про основи національної безпеки України», Указу Президента України № 47/2017 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 29 грудня 2016 року «Про Доктрину інформаційної безпеки України», Указу Президента України № 96/2016 Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 27 січня 2016 року «Про Стратегію кібербезпеки України» та інших.

Значна частина СІС передбачає інструментальні засоби для блокування віртуальної спільноти, окремого актора чи поширюваного контенту. Блокування віртуальної спільноти відбувається у випадку численних скарг акторів СІС, поширення забороненого контенту, різкої зміни його тематики, «накручування» лайків і репостів тощо. Аналогічним чином блокування окремих акторів у СІС проводиться при агресивній поведінці, погрозах іншим акторам або сервісу, поширенні заборонених матеріалів чи матеріалів, захи-

щених авторським правом, використанні заборонених геш-тегів тощо.

Таким чином, розглянуті види соціального контролю використовуються акторами у СІС як реакція на синергетично керований інформаційний вплив для послідовної зміни структури віртуальної спільноти і параметрів процесів взаємодії акторів. Наслідками таких явищ є запуск когерентних колективних процесів у віртуальній спільноті, спрямована самоорганізація спільноти і, як результат, обмеження поширення контенту деструктивного змісту, що характеризує перехід системи до заданого стану ІБД у СІС.

3.2. Синтез моделі синергетичного управління взаємодією акторів у соціальних інтернет-сервісах

Розглянемо завдання формування віртуальної спільноти акторів, яка буде здатна до сталого саморозвитку завдяки активізації віртуальної петлі – швидкості поширення контенту в СІС [8]. Зважаючи на високу швидкість зростання кількості акторів і віртуальних спільнот у СІС, виникнення еволюційних процесів у межах віртуальних спільнот, інтенсивність обміну інформацією між СІС і зовнішнім середовищем його функціонування – національним та світовим інформаційними просторами, використаємо для опису взаємодії акторів у СІС модель мікробіологічної системи [27]. При цьому публікацію контенту заданого змісту здійснюють учасники команди віртуальної спільноти у СІС, які виступають її адміністраторами. Тому формалізуємо процеси взаємодії акторів віртуальної спільноти у СІС у вигляді моделі Моно [2, 14, 27], яка представляє собою систему звичайних диференціальних рівнянь

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \mu(S)x - Dx, \\ \frac{dS(t)}{dt} = DS_0 - \alpha\mu(S)x - DS, \\ \mu(S) = \frac{\mu_m S}{k_m + S}; \end{cases} \quad (1)$$

де $x(t)$ – кількість акторів у створюваній віртуальній спільноті, $S(t)$ – частка публікацій учасників команди у віртуальній спільноті, S_0 – частка нових публікацій на задану тему у віртуальній спільноті, опублікованих учасниками команди, D – швидкість появи нових учасників віртуальної спільноти, α^{-1} – коефіцієнт, який визначає частку публікацій на задану тему, що вплинули на формування суспільної думки учасників віртуальної спільноти, $\mu(S)x$ – зростання кількості акторів у віртуальній спільноті внаслідок впливу опублікованого контенту учасниками команди, $-Dx$ – зменшення кількості акторів віртуальної спільноти, $-\alpha\mu(S)x$ – кількість публікацій, які вплинули на формування суспільної думки акторів віртуальної спільноти, DS_0 – інтенсивність публікацій, які викликали зацікавленість у акторів СІС і спонукали їх стати учасниками віртуальної спільноти, $-DS$ – інтенсивність публікацій, які не викликали зацікавленості у акторів СІС і не спонукали їх стати учасниками віртуальної спільноти.

Обмеження 1. Швидкість зростання кількості учасників віртуальної спільноти залежить тільки від частки публікацій учасників команди у віртуальній спільноті.

Обмеження 2. Публікації учасників команди віртуальної спільноти відрізняють за змістом, формою подачі матеріалу, типом контенту, але об'єднані спільним нарративом, який має бути донесений до акторів у прямій чи латентній формі для впливу на їх суспільну думку.

Виконаємо синтез такого синергетичного управління $u(t)$, яке забезпечить формування віртуальної спільноти акторів у СІС, здатної до подальшого сталого функціонування з метою поширення та просування стратегічного нарративу, спрямованого на протидію деструктивному інформаційному впливу. Тоді система диференціальних рівнянь (1) набуде вигляду, де частка нових публікацій на задану тему у віртуальній спільноті, опублікованих учасниками команди S_0 визначатиметься управляючим впливом $u(t)$

$$\begin{cases} \frac{dx(t)}{dt} = \mu(S)x - Dx, \\ \frac{dS(t)}{dt} = Du(t) - \alpha\mu(S)x - DS, \\ \mu(S) = \frac{\mu_m S}{k_m + S}. \end{cases} \quad (2)$$

Штучно-керована самоорганізація акторів у СІС у віртуальній спільноті буде досягнута за рахунок введення динамічного інваріанта в систему (1). Обраний динамічний інваріант повинен враховувати особливості процесів соціальної комунікації акторів у СІС. З досліджень [6, 9, 21, 28] відомо, що зростання кількості акторів віртуальної спільноти на деякому етапі її розвитку сповільнюється і асимптотично досягає граничного рівня. Дане явище доцільно формалізувати у вигляді диференціального рівняння логістичного типу

$$\frac{dx(t)}{dt} = ax_{\text{sup}}x \left(1 - \frac{x}{x_{\text{sup}}} \right), \quad (3)$$

де a – параметр, який визначає зростання кількості акторів віртуальної спільноти, x_{sup} – гранична кількість учасників віртуальної спільноти на досліджуваному етапі її розвитку.

Використання моделі (3) для опису процесів утворення віртуальної спільноти у СІС забезпечує наочність їх демонстрації, порівняно з іншими моделями логістичного типу, представленими у публікаціях [13, 14].

Таким чином, відповідно до концепції синергетичного управління взаємодією акторів у СІС, запропонованої у [10], та з урахуванням (3), параметр порядку системи – її притягуючий аттрактор, до околу якого прямуватимуть усі фазові траєкторії керованої системи (2), набуває вигляду

$$\psi(t) = \mu(S) - ax_{\text{sup}} \left(1 - \frac{x}{x_{\text{sup}}} \right) - D. \quad (4)$$

Фізичний зміст функції $\psi(t)$ полягає у зменшенні необхідності публікації контенту заданого змісту учасниками команди віртуальної спільноти СІС $\mu(S)$ за рахунок збільшення кількості учасників віртуальної спільноти до граничного рівня [4] відповідно до виразу $ax_{\text{sup}} \left(1 - \frac{x}{x_{\text{sup}}} \right)$ та швидкості появи нових учасників віртуальної спільноти D .

Згідно [10, 14] вираз (4) повинен задовольняти функціональному рівнянню

$$T \frac{d\psi(t)}{dt} + \psi(t) = 0, \quad (5)$$

де T – час, протягом якого у синергетично керованій системі відбудуться перехідні процеси до заданого

стану ІБД у СІС.

Підстановка моделі притягуючого атратора (4) у диференціальне рівняння (5) з урахуванням системи (2) дозволяє визначити аналітичний вигляд моделі синергетичного управління

$$Du(t) = \alpha x \mu(S) + DS - \frac{(k_m + S)^2}{\mu_m S} \left(\alpha x \mu(S) + Dx + \frac{1}{T} \left(\mu(S) - \alpha x_{\text{sup}} \left(1 - \frac{x}{x_{\text{sup}}} \right) - D \right) \right). \quad (6)$$

У результаті дії синергетичного управління (6) рух зображуючої точки системи (2) на фазовій площині здійснюватиметься вздовж стабілізуючого інваріанта (4)

$$\frac{dx_{\psi}(t)}{dt} = x_{\psi} \left(\alpha x_{\text{sup}} \left(1 - \frac{x_{\psi}}{x_{\text{sup}}} \right) - D \right) - Dx_{\psi}. \quad (7)$$

З метою досягнення сформованою віртуальною спільнотою у СІС стійкого стану виконаємо дослідження системи диференціальних рівнянь (2) на стійкість за методом функції Ляпунова [11], для чого скористаємося функцією $V = 0,5x_{\psi}^2$. Тоді умови стійкості визначимо з нерівності

$$V' = \frac{dV}{dt} \Big|_{x_{\psi}' = x_{\psi} \left(\alpha x_{\text{sup}} \left(1 - \frac{x_{\psi}}{x_{\text{sup}}} \right) - D \right) - Dx_{\psi}} = x_{\psi}^2 \left(\alpha x_{\text{sup}} \left(1 - \frac{x_{\psi}}{x_{\text{sup}}} \right) - D \right) - Dx_{\psi} < 0 \quad (8).$$

Наведемо деякі з них. Для кількості акторів у віртуальній спільноті СІС $0 < x_{\psi} < 1$ похідна від функції Ляпунова $V' < 0$, якщо $x_{\text{sup}} > 1$ при $a \leq D$, коли $a > 0$ і $D > 0$. У випадку $x_{\text{sup}} = 1$ система (2) стійка при $a > 0$ і $D < 0$ або $a < 0$ і $D > 0$. Аналогічним чином визначають інші умови стійкості системи (2).

Внаслідок впливу синергетичного управління (6) у СІС буде запущено процеси самоорганізації акторів, а через час T система досягне точки сплеску синергетичного ефекту [10], в якій віртуальна спільнота пе-

рейде до стаціонарного стану. Координати точки сплеску синергетичного ефекту на фазовій площині визначаються з диференціального рівняння (7) і набувають наступних значень:

$$x_1 = x_{\text{sup}} + D \left(x_{\text{sup}} - \frac{1}{a} \right),$$

$$S_1 = \frac{k_m}{\mu_m} \frac{\alpha x_{\text{sup}} \left(1 - \frac{x_1}{x_{\text{sup}}} \right) + D}{1 - \frac{1}{\mu_m} \left(\alpha x_{\text{sup}} \left(1 - \frac{x_1}{x_{\text{sup}}} \right) + D \right)}. \quad (9)$$

4. РЕЗУЛЬТАТИ

Виконаємо дослідження зміни кількості акторів у віртуальній спільноті під дією синтезованого синергетичного управління (6) засобами пакету прикладних програм MathCad. Для цього на першому етапі проаналізуємо процес формування віртуальної спільноти, який описується системою диференціальних рівнянь (1).

Нехай параметри системи (1) набувають таких значень: $\mu_m = 0,6$, $k_m = 0,6$, $D = 0,001$, $S_0 = 0,5$, $\alpha = 0,3$. При цьому у початковий момент спостереження віртуальна спільнота у СІС складається з

$x(0) = 20$ акторів, а частка публікацій учасників команди $S(0)$ становить 40% від загальної кількості опублікованого акторами мультимедійного контенту. Тоді протягом $t = 20$ тижнів зміна чисельності акторів у створюваній віртуальній спільноті $x(t)$ і частка публікацій учасників команди у віртуальній спільноті $S(t)$ будуть змінюватися як показано на Рисунку 2.

Змоделюємо процес зміни чисельності акторів віртуальної спільноти у СІС у результаті впливу синергетичного управління. При цьому фіксовані значення параметрів системи диференціальних рівнянь (1) для випадку синергетично керованої системи (2) залишимо незмінними. У свою чергу, параметрам моделі синергетичного управління (6) надамо наступні значення: $a = 0,05$, $T = 1$ тиждень, а гранична кількість учасників віртуальної спільноти на досліджуваному етапі її розвитку $x_{sup} = 5$ тис. акторів.

Результати моделювання подано на Рисунку 3.

Внаслідок впливу синтезованої моделі синергетичного управління (6) на віртуальну спільноту акторів у СІС відбувається запуск процесів їх самоорганізації. Суть цього явища зводиться до зміни структури віртуальної спільноти або параметрів процесів взаємодії акторів у ній. Як показано на Рисунку 3, віртуальна спільнота у некерованому режимі функціонування при фіксованих значеннях параметрів моделі (1) протягом $t = 20$ тижнів залучить 1.51 тис. учасників. Однак, у подальшому їх кількість не буде збільшуватися в результаті досягнення граничного рівня кількості учасників віртуальної спільноти СІС.

Наступне зростання кількості акторів можливе за умови зміни параметрів їх взаємодії у віртуальному просторі СІС.

При цьому частка публікацій учасників команди у віртуальній спільноті у СІС $S(t)$ у початковий момент часу складає 0.4 і поступово зменшується до 0 через $t = 15$ тижнів. Отримані результати свідчать

про невисоку динаміку утворення віртуальної спільноти, яка здатна критично сприймати контент деструктивного змісту. Така віртуальна спільнота буде самостійно поширювати мультимедійний контент із заданим наративом, що дозволить протидіяти загрозам ІБД у СІС.

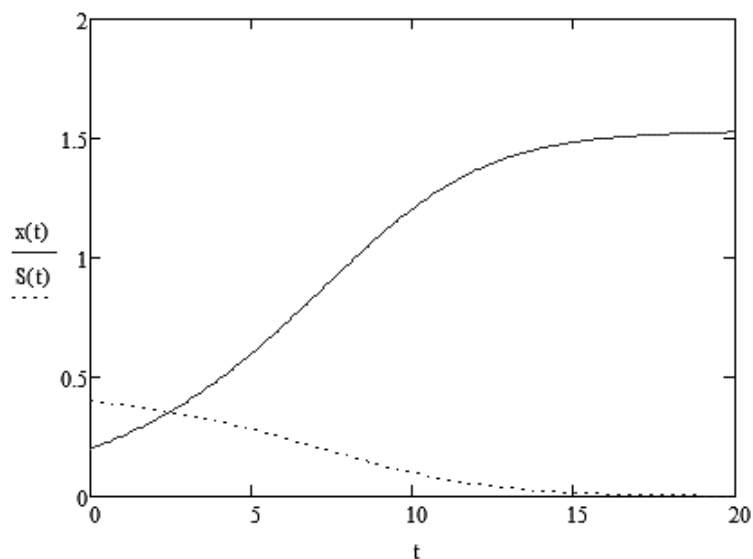


Рисунок 2. Формування віртуальної спільноти у некерованому стані

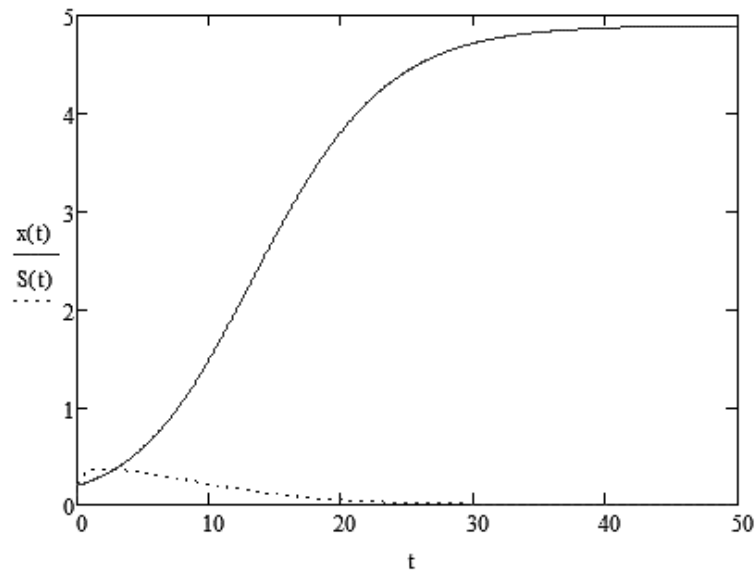


Рисунок 3. Синергетично керований процес формування віртуальної спільноти у СІС

Проаналізуємо зміну динаміки синергетично керованого формування віртуальної спільноти у СІС для незмінних параметрів системи (1) і початкових умов. Внаслідок публікації учасниками команди контенту спрямованого змісту відповідно до розробленої моделі (6) за $t = 40$ тижнів кількість учасників віртуальної спільноти у СІС збільшиться до 4.9 тис. акторів. При цьому частка публікацій учасників команди у віртуальній спільноті у СІС не перевищує 0.4 і за $t = 25$ тижнів зменшиться до 0. Слід відмітити, що синергетично керований інформаційний вплив на акторів досліджуваної віртуальної спільноти відрізняється від некерованого і спрямованого на залучення нових акторів відрізняються за тривалістю та несуттєво – за інтенсивністю. Однак, при цьому результативність такого впливу для випадку синергетичного управління взаємодією акторів у СІС збільшується в 3.3 рази.

Отже, завдяки врахуванню природних особливостей взаємодії акторів у СІС, а саме існування граничної межі чисельності віртуальної спільноти, введення в структуру системи (1) притягуючого атрактора (4) забезпечує її цілеспрямований рух до точки сплеску синергетичного ефекту (9). У цій точці відбувається редукція ступенів свободи системи (1) і досягається поставлене завдання взаємодії акторів у СІС – утворюється стійка віртуальна спільнота акторів, яка здатна до саморозвитку шляхом залучення нових учасників і критичного сприйняття контенту деструктивного змісту.

Використання соціальних норм у СІС для реалізації синтезованої моделі синергетичного управління зводиться до застосування стандартів спільноти окремого сервісу та віртуальної спільноти, засобів управління взаємодією забезпечать залучення до створюваної віртуальної спільноти акторів, які критично сприймають контент деструктивного змісту та здійснюють безпосередній контроль інших учасників. Використання соціальних санкцій у вигляді блокування профілів акторів, що порушують стандарти спільноти та блокування поширюваного ними контенту призводить до утворення такої віртуальної спільноти, яка самостійно протидіє загрозам ІБД у СІС.

Використання соціальних норм у СІС для реалізації синтезованої моделі синергетичного управління зводиться до застосування стандартів спільноти окремого сервісу та віртуальної спільноти, засобів управління взаємодією забезпечать залучення до створюваної віртуальної спільноти акторів, які критично сприймають контент деструктивного змісту та здійснюють безпосередній контроль інших учасників. Використання соціальних санкцій у вигляді блокування профілів акторів, що порушують стандарти спільноти та блокування поширюваного ними контенту призводить до утворення такої віртуальної спільноти, яка самостійно протидіє загрозам ІБД у СІС.

Використання соціальних норм у СІС для реалізації синтезованої моделі синергетичного управління зводиться до застосування стандартів спільноти окремого сервісу та віртуальної спільноти, засобів управління взаємодією забезпечать залучення до створюваної віртуальної спільноти акторів, які критично сприймають контент деструктивного змісту та здійснюють безпосередній контроль інших учасників. Використання соціальних санкцій у вигляді блокування профілів акторів, що порушують стандарти спільноти та блокування поширюваного ними контенту призводить до утворення такої віртуальної спільноти, яка самостійно протидіє загрозам ІБД у СІС.

ВИСНОВКИ

У результаті реалізації загроз ІБД у СІС взаємодія акторів і віртуальних спільнот здатна переходити до хаотичної динаміки. Внаслідок цього може здійснюватися прихований вплив на суспільну думку не тільки у інформаційному просторі СІС, але й управління суспільними й політичними процесами в ре-

альному житті. Доведено, що синергетичне управління взаємодією акторів у СІС є одним з ефективних підходів до забезпечення ІБД у СІС завдяки використанню природних особливостей процесів соціальної комунікації. При цьому обмеження поширення інформації деструктивного змісту в СІС досягається завдяки публікації в інформаційному просторі віртуальної спільноти контенту відповідно до синтезованої моделі синергетичного управління. У точці сплеску синергетичного ефекту досягається заданий стан ІБД у СІС внаслідок редукції ступенів свободи замкненої системи і утворенню такої віртуальної спільноти, яка здатна до подальшого сталого функціонування з метою поширення та просування у віртуальному просторі стратегічного нарративу, спрямованого на протидію деструктивному інформаційному впливу.

Самоорганізація акторів у СІС здійснюється завдяки впливу такого синергетичного управління і застосуванню акторами віртуальної спільноти соціального контролю. Послідовна зміна структури віртуальної спільноти та процесів взаємодії акторів представляє собою реакцію на поширені публікації учасників команди спільноти, які містять цілеспрямований інформаційний вплив на акторів. Як наслідок, виникають когерентні колективні процеси у віртуальній спільноті та спрямована самоорганізація спільноти й параметрів процесів взаємодії акторів.

Подальші дослідження буде спрямовано на синтез такої управляючої дії, яка забезпечить хаотизацію процесів соціальної комунікації в інформаційному просторі СІС. Результати таких досліджень дозволять завчасно виявляти прояви високо рівня загроз ІБД у СІС та виробляти ефективні заходи протидії ним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Andryevskiy, V. R., & Fradkov, A. T. (2003). Управление хаосом: методы и приложения. I. Методы [Upravlenye khaosom: metody i prylozheniya. Ch. I: Metody]. *Avtomatyka y telemekhanika*, 5, 3-45.
2. Arzamastsev, A. A., & Andreev, A. A. (2000). Математические модели кинетики микробиологического синтеза: возможности использования и новые подходы к разработке [Matematicheskiye modeli kynytyky mykrobyolohycheskoho synteza: vozmozhnosti ispolzovaniya y novye podkhody k razrabotke]. *Vestnyk Tambovskoho unyversyteta. Seriya: Estestvennye y tekhnnycheskye nauky*, 5(1), 111-123.
3. Bzhezinskiy, Z. (2000). Велика шахівниця. Американська першість та її стратегічні імперативи [Velyka shakhivnytsia. Amerykanska pershist ta yii stratehichni imperatyvy]. Lviv – Ivano-Frankivsk: "Aileia-NV".
4. Castells, M. (2011). *The Information Age: Economy, Society, and Culture: The Rise of the Network Society*. Wiley-Blackwell.
5. Datsiuk, S. (2015). Що таке теорія «керованого хаосу» і як її протидіяти? [Shcho take teoriia "kerovanoho khaosu" i yak yii protydiyati?] Retrieved from <https://uainfo.org/blognews/1438683712-shcho-take-teoriya-kerovanogo-khaosu-i-yak-yiy-protidyiyati---retsept.html>
6. Hanneman, R., & Riddle, M. (2005). *Introduction to social network methods*. CA: University of California, Riverside.
7. Horbulin, V. P., Dodonov, O. H., & Lande, D. V. (2009). Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання [Informatsiini operatsii ta bezpeka suspilstva: zahrozy, protydiia, modeliuvaniia]. K.: Intertekhnolohiia.
8. Hryshchuk, R. V. (2015). Стартап віртуальних спільнот у соціальних мережах за принципом критичної маси [Startup virtualnykh spilnot u sotsialnykh merezhakh za pryntsyrom krytychnoi masy]. *Zakhyst informatsii*, 19-25.
9. Hryshchuk, R. V., & Danyk, Yu. H. (2016). Основи кібернетичної безпеки [Osnovy kibernetychnoi bezpeky]. Zhytomyr : ZhNAEU.
10. Hryshchuk, R., & Molodetska, K. (2017). Synergetic Control of Social Networking Services Actors' Interactions. Szewczyk, R., & Kaliczynska, M. (Eds). *Recent Advances in Systems, Control and Information Technology*, 543, 34-42. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-48923-0_5
11. Kalytyn, B. S. (2002). Качественная теория устойчивости движения динамических систем [Kachestvennaia teoriya ustoichyvosti dvyzheniya dynamycheskykh system]. Mn.: BNU.
12. Kohan, K. M. (2014). Соціальні мережі як елемент нового соціального середовища [Sotsialni merezhi yak element novoho sotsialnoho seredovyshcha]. *Mizhnarodnyi naukovyi forum: sotsiolohiia, psykholohiia, pedahohika, menedzhment*, 14, 61-71.
13. Kolesnykov, A. A. (1994). Синергетическая теория управления [Synerhetycheskaia teoriya upravleniya]. M.: Enerhoatomizdat.
14. Kolesnykov, A. A. (2005). Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза [Synerhetycheskoe metody upravleniya slozhnyimi systematy: teoriya systemnoho synteza]. M.: Edytoral URSS.
15. Lian, K. Y., Liu, P., & Chiu, C. S. (2004). Fuzzy Chaotic Synchronization and Communication-Signal Masking and Encryption. Soft Computing in Communications. *Studies in Fuzziness and Soft Computing*, 136, 269-291. Retrieved from https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-45090-0_13
16. Mann, S. R. (1992). *Chaos Theory and Strategic Thought* (pp. 54-68). U.S. Army War College, ATTN : Parameters, 122 Forbes Avenue, Carlisle, PA.
17. Molodetska, K. V. (2015). Спосіб підтримання заданого рівня попиту акторів соціальних інтернет-сервісів на контент [Sposib pidtrymannia zadanoho rivnia popytu aktoriv sotsialnykh internet-servisiv na kontent]. *Radioelektronika, informatyka, upravlinnia*, 4(35), 113-117.
18. Molodetska, K. V. (2015). Синтез синергетичного управління попитом агентів на контент у соціальних інтернет-сервісах [Syntez synerhetychnoho upravlinnia popytom ahentiv na kontent u sotsialnykh internet-servisakh]. *Informatyka ta matematychni metody v*

- modeliuvanni*, 5(4), 330-338.
19. Molodetska-Hrynchuk, K. V. (2016). Методика виявлення маніпуляції суспільною думкою у соціальних інтернет-сервісах [Metodyka vyavlennia manipuliatsii suspilnoi dumkoiu u sotsialnykh internet-servisakh]. *Informatsiina bezpeka*, 4(24), 80-92.
 20. Molodetska-Hrynchuk, K. V. (2017). Адаптація методів теорії хаосу для забезпечення інформаційної безпеки держави у соціальних інтернет-сервісах [Adaptatsiia metodiv teorii khaosu dlia zabezpechennia informatsiinoi bezpeky derzhavy u sotsialnykh internet-servisakh]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu*, 2(61), 180-187.
 21. Molodetska-Hrynchuk, K. V. (2018). *Методологія побудови системи забезпечення інформаційної безпеки держави у соціальних інтернет-сервісах* [Metodolohiia pobudovy systemy zabezpechennia informatsiinoi bezpeky derzhavy u sotsialnykh internet-servisakh]. (Doctor's thesis). Kyiv: Derzhavnyi universytet telekomunikatsii.
 22. Ott, E., Grebogi, C., & Yorke, J. (1990). Controlling chaos. *Physical Review Letters*, 64(11), 1196-1199.
 23. Petryk, V. M., Prysiazhniuk, M. M., Kompantseva, L. F., Skulysh, Ye. D., Boiko, O. D., & Ostroukhov, V. V. (2011). *Сугестивні технології маніпулятивного впливу* [Suhestyvni tekhnolohii manipulyativnoho vplyvu]. K.: ZAT "VIPOL".
 24. Riabinin, Ye. (2013). Концепція керованого хаосу в контексті побудови сучасного світового порядку [Kontseptsiia kerovanoho khaosu v konteksti pobudovy suchasnoho svitovoho poriadku]. *Zovnishni spravy*, 11, 32-37.
 25. Rudnytskyi, S. (2011). Категорія «механізм» у суспільних науках [Katehoriia «mekhanizm» u suspilnykh naukakh]. *Social science*, 4. Retrieved from <http://social-science.com.ua/article/630>
 26. Rusiaeva, P., & Zakharov, A. (2017). *Расследование РБК: как «фабрика троллей» поработала на выборах в США* [Rassledovanye RBK: kak "fabryka trollei" porabotala na vyborakh v SShA]. Retrieved from <https://www.rbc.ru/magazine/2017/11/59e0c17d9a79470e05a9e6c1>
 27. Ryznychenko, H. Yu. (2002). *Лекции по математическим моделям в биологии. Ч. 1.* [Lektsyyu po matematycheskym modeliam v byolohyy. Ch. 1.]. Yzhevsk: NY "Rehuliarnaia y khaotycheskaia dynamyka".
 28. Savchenko, O. V. (2016). *Теоретико-правові засади громадського контролю за діяльністю органів державної влади* [Teoretyko-pravovi zasady hromadskoho kontroliu za diialnistiu orhaniv derzhavnoi vlady]. (Ph.D. Thesis). Dnipropetrovskiy derzhavnyi universytet vnutrishnikh sprav.
 29. Sharp, G. (2012). *From Dictatorship to Democracy*. Serpent's Tail.
 30. Tanchyn, I. Z. (2008). *Соціологія* [Sotsiolohiia]. Kyiv.
 31. Yevseiev, S. P. (2018). *Методологія побудови системи безпеки банківських інформаційних ресурсів* [Metodolohiia pobudovy systemy bezpeky bankivskykh informatsiinykh resursiv] (Extended abstract of Doctor's thesis). Kyiv: Natsionalnyi aviatsiyni universytet.
 32. Yevseiev, S., Korol, O. & Kots H. (2017). Construction of hybrid security systems based on the crypto-code structures and flawed codes. *Vostochno-evropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiyi*, 4/9(88), 4-20.
 33. Zeraoulia, E. (2012). *Models and Applications of Chaos Theory in Modern Sciences*. Taylor&Francis.