УДК 004.056:004.738.5(045)

АДАПТАЦІЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ДИНАМІЧНОГО ХАОСУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ У СОЦІАЛЬНИХ ІНТЕРНЕТ-СЕРВІСАХ

К. В. Молодецька-Гринчук
e-mail: kmolodetska@gmail.com.
Житомирський національний агроекологічний університет
Старий бульвар, 7, м. Житомир, 10008, Україна
Житомирський національний агроекологічний університет

Постійне зростання популярності соціальних інтернет-сервісів у процесах соціальної комунікації призвело до їх використання для проведення інформаційних операцій проти інформаційної безпеки держави. У зв'язку з чим виникає потреба у розробленні нових дієвих підходів до протидії загрозам інформаційної безпеки держави у соціальних інтернет-сервісах. Встановлено, що соціальні інтернет-сервіси належать до класу складних динамічних систем. Взаємодія користувачів віртуальних спільнот, яких називають акторами, характеризується нелінійністю з можливим переходом до хаотичної динаміки. У статті обґрунтовано перспективність адаптації теорії динамічного хаосу для подальшого використання при побудові системи забезпечення інформаційної безпеки держави у соціальних інтернет-сервісах. Виявлено, що ефективний перехід віртуальної спільноти акторів до заданого стану інформаційної безпеки доцільно реалізувати на основі синергетичного управління і процесів самоорганізації.

Ключові слова: *соціальні інтернет-сервіси, інформаційна безпека держави, динамічний хаос, синергетика, актор.*

Постановка проблеми

Внаслідок зростання популярності соціальних інтернет-сервісів (СІС) значно збільшилися комунікаційні можливості сучасного суспільства [15]. СІС надають користувачам, яких називають акторами, зручні засоби для обміну контентом різного типу, організації у групи за інтересами, координації взаємодії офлайн, впливу громадянського суспільства на політичні процеси в державі тощо. У випадку поширення недостовірного або викривленого контенту такі комунікаційні характеристики СІС можуть мати негативні наслідки для інформаційної безпеки держави (ІБД) [15, 23]. Внаслідок цього виникає низка наукових завдань, пов'язаних з необхідністю дослідження взаємодії акторів у СІС. З метою забезпечення ІБД у СІС особливої актуальності набувають такі з них [26, 13]: виявлення ознак інформаційних впливів на акторів і оцінювання їх рівня; синтез управління взаємодією акторів для протидії загрозам ІБД; оцінювання ризиків створення дестабілізуючих віртуальних спільнот тощо. З причин складності проведення контрольованих експериментів для вивчення таких процесів і явищ у СІС виникає потреба використання методу моделювання для дослідження взаємодії акторів. Таким чином, проблема вибору і аналізу можливостей застосування конкретного методу моделювання, що забезпечить адекватність розроблених моделей реальним процесам і явищам у СІС, є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

[1–4, 6, 8, 9, 11–16, 22] показав, що найбільш поширеними методами вивчення і аналізу СІС є імітаційне та математичне моделювання. Однак, характерні особливості СІС накладають низку обмежень на застосування відомих підходів до дослідження таких об'єктів, зокрема [15, 16]: відсутність централізованого управління; автономність поведінки акторів у віртуальних спільнотах; відкритість системи для нових акторів і поширення нового контенту; нелінійний характер взаємодії тощо.

З публікацій [12, 15] відомо, що одним з наслідків реалізації загроз ІБД у СІС як складних динамічних системах може бути зміна шляху еволюції у результаті дії збурень. Встановлено, що у таких випадках в якості наукового інструментарію досліджень доцільно використовувати методи теорії динамічного хаосу. Тому аналіз існуючих методів моделювання взаємодії акторів у СІС, обґрунтування застосування теорії динамічного хаосу та її подальша адаптація для розв'язку науково-практичних завдань щодо забезпечення ІБД у СІС вимагає подальших досліджень.

Мета, завдання та методика досліджень

Метою статті є огляд методів моделювання СІС і обґрунтування доцільності застосування

теорії динамічного хаосу для розроблення дієвої системи забезпечення ІБД у СІС.

Для досягнення поставленої мети сформульовано наступні частинні завдання:

провести аналіз сучасних підходів до дослідження СІС;

обґрунтувати доцільність застосування теорії динамічного хаосу для забезпечення ІБД у СІС;

виконати узагальнену формалізацію процесів взаємодії акторів і управління ними на основі теорії динамічного хаосу для забезпечення ІБД у СІС.

Для розв'язання поставлених завдань використано теорію динамічного хаосу, методи імітаційного і математичного моделювання, синергетичного управління хаотичною динамікою системи.

Результати досліджень

Складність аналітичного опису процесів взаємодії у СІС призводить до необхідності використання імітаційного моделювання. Серед переваг даного методу при дослідженні СІС виділяють високий ступінь деталізації [22, 26]. Такий результат досягається використанням значних обсягів статистичної інформації про діяльність акторів у СІС.

Так, перспективним підходом до дослідження СІС є агентне моделювання, яке зводиться до вивчення взаємодії агентів (акторів) у заданому середовищі відповідно до визначених дослідником правил [16]. Побудова адекватних моделей досягається за умови формування множини агентів з точним визначенням їх поведінки та взаємодії з іншими агентами. Виконання даної умови неможливе у зв'язку з латентним характером загроз ІБД у СІС і застосуванням соціальних ботів для проведення інформаційних операцій.

Також одним з напрямків імітаційного моделювання віртуальних спільнот акторів у СІС є системна динаміка Дж. Форрестера [6], яка вивчає поведінку системи в часі залежно від структури віртуальної спільноти і особливостей взаємодії акторів. При цьому поведінка віртуальної спільноти описується на основі її причинно-наслідкової структури, а числові значення змінних моделі не враховуються. Опис процесів взаємодії визначається суб'єктивною точкою зору дослідника, що призводить до відмінностей між описом одних і тих же процесів [8].

Провідну роль у дослідженні СІС займають методи математичного моделювання. Зважаючи на особливості взаємодії акторів у СІС часто використовують графові моделі [15]. Таких підхід забезпечує інструментарій для оцінювання кількісних характеристик СІС, зокрема обчислення топологічних характеристик зв'язності, формалізації процесів соціалізації акторів та прогнозування її рівня, опису транзакцій тощо. Одним із важливих завдань, що розв'язуються за допомогою графових моделей, є кластеризація акторів у СІС. У такий спосіб досліджують явища утворення віртуальних спільнот, для яких щільність внутрішніх зв'язків з іншими акторами СІС більша за внутрішню [22]. Застосування графових моделей обмежується експоненціальним зростанням обчислювальної складності для великих груп акторів СІС, тому використовується для дослідження поведінки малих віртуальних спільнот.

Для вивчення особливостей утворення віртуальних спільнот акторів користуються алгебраїчними моделями. В основу таких моделей покладено поняття структурної еквівалентності, яка вимірюється Евклідовою відстанню або коефіцієнтом кореляції [3, 4]. Використання даних мір ефективне для еквівалентних акторів, а в інших випадках дає суперечливі результати. Визначення соціальних позицій актора у СІС запропоновано реалізовувати методами кластеризації на базі мір, зокрема CONCOR та ієрархічної [22]. Метою таких методів є розрахунок показника щільності – ступеня зовнішніх зв'язків актора з іншими акторами СІС. Загальним недоліком таких підходів є складність однозначної ідентифікації типу зв'язків між акторами, що пов'язана з визначеністю щільності на малому інтервалі від 0 до 1. Для усунення цього явища використовують блокові моделі, які описані у публікації [9]. Розглянуті моделі ґрунтуються на композиції відношень, пошуку шаблонів зв'язків акторів СІС і їх формалізації [9, 22]. Загальним недоліком алгебраїчних моделей є необхідність використання значного об'єму даних і низька обчислювальна масштабованість.

Якщо метою дослідження передбачено розгляд СІС з урахуванням великої кількості акторів, то для їх вивчення використовують стохастичні моделі. При цьому, для розв'язку задач аналізу віртуальних спільнот визначають

частку ключових акторів у СІС. Серед стохастичних моделей виділяють два основні типи [22]: статичні, які розглядають взаємодію акторів у СІС у якості імовірнісної події та динамічні, що ґрунтуються на гіпотезі зміни структури мережі у результаті прийняття рішень акторами. Такі моделі дозволяють синтезувати мережу акторів СІС із попередньо заданими властивостями [11]. Однак, емпіричні дослідження свідчать, що реальні СІС мають безмасштабний характер, що проявляється у розподілі кількості ребер графа, інцидентних вершині, за степеневим законом. Модель Барабаші-Альберта [1, 2] ґрунтується на твердженнях, що кількість акторів СІС зростає з часом і чим більше зв'язків має актор, тим більшу перевагу він отримує при утворення зв'язків іншими акторами. Така модель описує, що актори продукують зв'язки для взаємодії з іншими учасниками віртуальних спільнот, які є найбільш популярними у СІС, на відміну від маловідомих.

Останнім часом широкою популярністю для аналізу СІС користуються методи на основі теорії ігор [12]. При цьому вважається, що актори у СІС мають конфлікт інтересів, а їх взаємодія відбувається в умовах невизначеності про наміри один одного. Виділяють два типи ігор [14]: кооперативні з об'єднанням акторів у групи і зобов'язаннями перед іншими учасниками віртуальних спільнот й координацією взаємодії; некооперативні – актор керується власними інтересами, причому модельована ситуація описується у деталях, а результати характеризуються вищою точністю. Теорія ігор у СІС може використовуватися для оптимізації процедур прийняття рішень протиборчими сторонами чи формування принципів їх організації. В загальному випадку даний підхід підвищує ефективність взаємодії акторів СІС та забезпечує невисокий рівень точності прогнозування процесів у віртуальних спільнотах.

Зважаючи на непрогнозованість розвитку процесів комунікації акторів у СІС для їх вивчення доцільно скористатися теорією динамічного хаосу. Виникнення хоатичного стану пояснюється не випадковістю процесів взаємодії великої кількості акторів у СІС, а змістом самих нелінійних процесів соціальної комунікації [13]. Таким чином, поведінка акторів у СІС як складних нелінійних системах може описуватися методами теорії динамічного хаосу. У рамках вирішення проблеми забезпечення ІБД у СІС не виявлено відомостей про застосування теорії динамічного хаосу, що визначає перспективність досліджень у даному напрямку.

Дослідження структури і характеру функціонування СІС показали, що такі сервіси відносяться до класу складних систем [12, 15, 22]. Особливостями таких систем є наявність ієрархічно організованої і цілеспрямованої сукупності великої кількості взаємопов'язаних елементів. Серед найбільш важливих властивостей складних систем СІС володіють здатністю до самоорганізації. Самоорганізація у СІС представляє собою властивість послідовної зміни структури віртуальних спільнот або параметрів взаємодії акторів на основі впливу зовнішнього інформаційного простору для досягнення поставленої мети функціонування [24]. Ця властивість покладена в основу синергетики, яка вивчає самоорганізацію і процеси появи, підтримки стійкості та розпаду структур, утворених елементами складних систем [5, 21, 24]. Встановлено, що СІС завдяки властивості нерівноважності, спонтанному утворенню нових віртуальних спільнот на локальному рівні, появі системних змін і нових властивостей на глобальному рівні належать до систем, що еволюціонують. Тому, використовуючи теорію біфуркацій, можливо побудувати і уточнити прогноз динаміки взаємодії акторів СІС, забезпечити перехід системи від хаосу до бажаного стану ІБД й навпаки [12]. Аналіз наукових публікацій [12, 13, 15] показав, що невирішеними наразі залишаються питання застосування у СІС теорії динамічного хаосу, зокрема в задачах забезпечення ІБД:

не виконано побудову прогнозу поведінки акторів при переході системи з одного стану в інший у результаті проведення інформаційних операцій;

не визначено область існування системи і не проведено оцінку її стійкості;

не встановлено і не обґрунтовано точки біфуркації процесів взаємодії акторів;

не синтезовано управляючі дії, внаслідок яких відбувається перехід системи на задану траєкторію еволюції.

Застосування теорії динамічного хаосу для забезпечення ІБД у СІС передбачає

формалізацію взаємодії акторів як нелінійних процесів у вигляді відповідної системи диференціальних рівнянь. При цьому зміни початкових умов або параметрів нелінійних процесів призводять до суттєвої зміни динаміки взаємодії у СІС вцілому і виникнення хаотизації процесів взаємодії акторів. Протидія загрозам ІБД у СІС може досягатися завдяки виробленню управління взаємодією акторів для пригнічення хаотичної динамки і переходу віртуальної спільноти до заданого стану інформаційної безпеки держави. Таким чином, використання теорії динамічного хаосу для моделювання процесів взаємодії акторів у СІС ґрунтується на дотриманні таких вимог, що обумовлені сутністю даної теорії:

наявність системи диференціальних рівнянь, яка описує досліджуваний аспект взаємодії акторів;

вибір атрактора, який визначатиме заданий стан ІБД;

вибір показника взаємодії акторів – параметра порядку, управління яким забезпечить перехід до визначеного атрактора.

Дотримання сформульованих вимог до моделей взаємодії акторів у СІС забезпечить їх адекватність і дозволить синтезувати ефективні управляючі впливи для протидії загрозам ІБД. Відповідно до загальноприйнятої термінології теорії динамічного хаосу [11] під відповідними категоріями у СІС будемо розуміти наведені у табл. 1.

Таблиця 1. **Відповідність категорій теорії динамічного хаосу і моделювання взаємодії акторів у СІС**

Теорія динамічного хаосу	Моделювання взаємодії акторів у СІС
елемент системи	актор
фазовий простір	множина допустимих дій актора
зображуюча точка системи	дії актора
параметр порядку	змінна, що визначає динаміку взаємодії акторів при станах, близьких до фазового переходу
атрактор	траєкторія еволюції віртуальної спільноти акторів
точка біфуркації	критичний стан віртуальної спільноти акторів, в якому виникає невизначеність щодо вибору траєкторії еволюції (атрактора)

Узагальнено формалізацію теорії динамічного хаосу для моделювання взаємодії акторів у СІС можна представити наступним чином [5, 7, 17, 20, 21, 27].

Нехай модель взаємодії акторів у СІС описується системою нелінійних диференціальних рівнянь загального вигляду [21]

$$\dot{x} = f\left(x, a\right), \tag{1}$$

де $x\left(t\right) = \left\{x_1, x_2 ..., x_n\right\}$ – сукупність динамічних змінних процесу взаємодії;

t – час;

$f = \left\{f_1, f_2, ..., f_n\right\}$ – векторна функція заданої гладкості r, визначена в деякій області $M \subseteq R_n$, що представляє собою фазовий простір системи (1);

a – параметр взаємодії акторів.

Функція f породжує потік $F^t : M \to R_n$, де $F^t\left(t\right)$ – гладка функція, визначена для t на інтервалі $T \subseteq R$ [5, 21, 27]

$$\frac{d}{dt} F^t\Big|_{t=\tau} = f\left(F^t\left(x\right)\right), \tag{2}$$

для всіх $x \in M$ і $\tau \in T$. У свою чергу, F^t характеризується груповими властивостями, причому F^0 – тотожний оператор і $F^{t_1+t_2} = F^{t_1}\left(F^{t_2}\right) \equiv F^{t_1} \circ F^{t_2}$, тому потік F^t визначає функцію f єдиним чином.

Потік F^t є перетворенням зсуву, яке переводить систему з початкового стану в інший у будь-який момент часу. Геометрична інтерпретація системи диференціальних рівнянь (1) представляє собою векторне поле, яке у кожній точці $x \in M$ ставить у відповідність вектор f. Таким чином, розв'язок $x\left(t\right) = F^t\left(x\left(0\right)\right)$ представляє собою криву, дотичну в кожній точці до цього векторного поля. При цьому, диференціальне рівняння задовольняє головній теоремі локального існування та єдиності розв'язків для кожної початкової умови $x\left(0\right) = x_0 \in D$ [27]. Зокрема, це означає, що фазові траєкторії системи (1) не перетинаються.

У виникненні хаотичної динаміки важлива роль належить граничним циклам, які представляють собою замкнені фазові траєкторії з періодичною поведінкою [7]. Граничний цикл є стійким, якщо фазові траєкторії збігаються до замкненої кривої по спіралі з обох боків при $t \to \infty$. Для випадку збігу траєкторії до замкнутої кривої по спіралі з обох боків при $t \to -\infty$ граничний цикл нестійкий. Напівстійкий граничний цикл виникає, якщо траєкторії збігаються до замкнутої кривої по спіралі при $t \to \infty$ з одного боку та при $t \to -\infty$ з іншого, або навпаки.

Серед основних властивостей дисипативних систем виділяють стиснення фазового простору, яке зводиться до зменшення початкового об'єму хмарою фазових точок в часі [5, 21]. Ця властивість формалізується як нерівність

$$\operatorname{div} f < 0.$$

У даному випадку при $t \to \infty$ усі фазові траєкторії будуть сходитися до деякої підмножини $A \subset M$ нульового об'єму у фазовому просторі. Така підмножина називається атрактором динамічної системи. На атрактори накладаються додаткові умови [21]:

інваріантність A відносно потоку динамічної системи;

існування околу Ω, який стискається до A під дією потоку;

неможливість розкласти A на дві й більше підмножин, що перетинаються.

З розглянутих вимог до атрактора A випливає, що, влучивши на атрактор, система залишається на ньому при будь-якому $t \to \infty$. Область тяжіння атрактора A складається із сукупності початкових точок $x_0 \in \Omega$ таких, що при $t \to \infty$ фазові траєкторії, які започатковані у цих точках, прямують до атрактора A. Завдяки виконанню третьої вимоги, до атракторів виключаються ті з них, які складаються з кількох окремих компонент.

Нехай M – метричний простір. Відображення $v : M \to M$ називається хаотичним, якщо v володіє нестійкістю відносно заданих початкових умов, є топологічно транзитивним, а цикли відображення v щільні у просторі M [5, 7, 17, 20, 21, 27].

Відображення v нестійке до початкових умов, якщо існує деяка величина δ, яка називається сталою нестійкості, що для деякої точки $x \in M$ і $\varepsilon > 0$ існує така точка $y \in M$, що

$$\Delta(x, y) < \varepsilon,\ \Delta\left(v^n(x), v^n(y)\right) \geq \delta,\ n \in N, \quad (3)$$

де Δ – відстань [21].

Транзитивність v зводиться до існування такого числа n для будь-яких двох відкритих множин G, K, що $v^n(G) \cap K \neq \varnothing$. Властивість щільності періодичних траєкторій означає існування принаймні однієї періодичної траєкторії в околі будь-якої точки M.

Таким чином, хаотичні системи характеризуються властивостями [5, 21]: непрогнозованістю, яка пов'язаною з нестійкістю; нерозкладністю, обумовленою транзитивністю; регулярністю внаслідок щільності циклів у фазовому просторі.

Теорія динамічного хаосу представляє собою однин з найбільш дієвих інструментів формалізації нерегулярних коливань і невизначеності, які виникають у СІС при переході з одного стану в інший [10]. З метою реалізації штучно керованого процесу переходу СІС до заданого стану ІБД виникає потреба в управлінні хаотичною динамікою взаємодії акторів. Ретроспективний аналіз досліджень у даному напрямку продемонстрував, що придушення хаотичної динаміки пов'язувалося з привнесенням у систему суттєвих змін [25]. Стабілізація заданої траєкторії системи досягалася вибором управляючого впливу для реалізації програмного управління або зворотного зв'язку за станом чи виходом. Однак, останні дослідження показали, що провідне місце в управлінні хаотичною динамікою належить процесам самоорганізації [10, 25].

Відповідно до положень синергетики, управління системами з хаотичною динамікою може здійснюватися двома способами [19]: причинним і цільовим. Суть причинного управління полягає у стихійній самоорганізації, при цьому зміст кооперативних процесів зводиться до внутрішніх причин самоорганізації. Цільове управління ґрунтується на переході системи від непередбачуваної поведінки за алгоритмом дисипативної структури до направленого руху вздовж інваріантних

різноманіть. При цьому відбувається підлаштування інших змінних динамічної системи під атрактор, який представляє собою мету самоорганізації.

Реалізація синергетичного управління відповідним об'єктом можлива за умови виконання низки вимог, яким повною мірою відповідають СІС [19]:

переважно нелінійний характер поведінки системи;

відкритість системи до взаємодії із зовнішнім середовищем завдяки обміну інформацією;

когерентність процесів, які протікають у системі;

нерівноважний стан, який забезпечить притік інформації в системі для зменшення зростання ентропії і її величини;

наявність декількох шляхів еволюції системи на завершальних етапах руху, які описуються типовими рівняннями відносно параметрів порядку.

Формалізацію задачі синергетичного управління взаємодією акторів у СІС представимо наступним чином [18, 19].

Нехай об'єкт управління описується системою нелінійних диференціальних рівнянь вигляду

$$\dot{x}(t) = f(x,u), \quad (4)$$

де x – вектор координат стану розмірністю k;

u – вектор управління розмірністю $m \le k$.

Необхідно синтезувати такий закон управління взаємодією акторів

$$u(\psi) = u(x), \quad (5)$$

який забезпечить перехід зображуючої точки системи (4) з довільного початкового стану $x_0(x_{10},...,x_{k0})$ у деякій допустимій області спочатку до околу інваріантного різноманіття

$$\psi(x_1,...,x_n) = 0, \quad (6)$$

у фазовому просторі, а потім асимптотично стійкий рух вздовж даного інваріантного різноманіття до заданого стану ІБД системи.

Для об'єктів управління другого порядку інваріантне різноманіття представляє собою задане рівняння фазової траєкторії системи $\psi(x_1, x_2) = 0$ і задовольняє умову [19]

$$T\dot{\psi}(t) + \varphi(\psi) = 0. \quad (7)$$

При виконанні умов $\varphi(\psi)\psi > 0$ і $T > 0$ рівняння (7) набуває вигляду рівняння Ейлера-Лагранжа відносно стійких екстремалей, які мінімізують супроводжуючий оптимізаційний функціонал [19]

$$J = \int_0^\infty \left(\varphi^2(\psi) + T^2\dot{\psi}^2(t)\right)dt.$$

Конкретний вигляд закону управління взаємодією акторів у СІС залежить від ступеня відмінності динамічних властивостей об'єкта управління і властивостей, яких необхідно досягнути у результаті управління.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Проведений аналіз методів дослідження СІС показав, що зважаючи на особливості взаємодії акторів у СІС одним з найбільш перспективних підходів до вивчення таких процесів, є теорія динамічного хаосу. Забезпечення ІБД у СІС в умовах проведення інформаційних операцій можливо досягнути шляхом придушення хаотичної динаміки системи. Ефективним для протидії загрозам ІБД є використання процесів самоорганізації акторів у СІС завдяки реалізації синергетичного управління їх взаємодією. Перспективним напрямком подальших досліджень є розроблення концепції синергетичного управління взаємодією акторів у СІС для протидії загрозам ІБД, яка забезпечить керований перехід віртуальної спільноти від хаотичної динаміки до заданого стійкого стану ІБД.

Література

1. Réka A. Statistical mechanics of complex networks / A. Réka // Reviews of Modern Physics. – 2002. – 74. – P. 47–97.

2. Barabási L.-A. Emergence of scaling in random networks / L.-A. Barabási, A. Réka // Science. – 286 (5439). – P. 509–512.

3. Borgatti S. P. Notions of Position in Social Network Analysis / S. P. Borgatti, M. G. Everett // Sociological Methodology. – 1992. – Vol. 22. – P. 1–35.

4. Burt R. S. Some properties of structural equivalence measures derived from sociometric choice data / R. S. Burt // Social Networks. – 1988. – Vol. 10. – P. 1–28.

5. Devaney R. L. An Introduction to Chaotic Dynamical Systems / R. L. Devaney. – Second Ed. – New York : Addison-Wesley Publ. Co., 1993. – 336 p.

6. Forrester J. W. World Dynamics / J. W. Forrester. – Portland, Oregon: Productivity Press., 1970. – 257 p.

7. Ginoux J.-M. Differential Geometry Applied to Dynamical Systems / J.-M. Ginoux. – World Scientific, 2009. – 340 p.

8. Myrtveit M. The world model controversy / M. Myrtveit. – The System Dynamics Group. Department of Geography : University of Bergen. – 27 p.

9. White H. C. Social structure from multiple networks. I. Blockmodels of roles and positions / H. C. White, A. S. Boorman, R. L. Breiger // American journal of sociology. – 1976. – Vol. 81, No. 4. – P. 730–780.

10. Андриевский В. Р. Управление хаосом: методы и приложения : [в 2 ч.]. / В. Р. Андриевский, А. Т. Фрадков // Автоматика и телемеханика. – 2003. – Ч I : Методы. – № 5. – С. 3–45.

11. Бреер В. В. Стохастические модели социальных сетей / В. В. Бреер // Управление большими системами. – 2009. – №27. – С. 169–204.

12. Горбулін В. П. Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання / В. П. Горулін, О. Г. Додонов, Д. В. Ланде. – К. : Інтертехнологія, 2009. – 164 с.

13. Грищук Р. В. Постановка проблеми забезпечення інформаційної безпеки держави у соціальних інтернет-сервісах / Р. В. Грищук, К. В. Молодецька-Гринчук // Сучасний захист інформації. – 2017. – № 3(31). – С. 86–96.

14. Грищук Р. В. Теоретичні основи моделювання процесів нападу на інформацію методами теорій диференціальних ігор та диференціальних перетворень : монографія / Р. В. Грищук. – Житомир : Рута, 2010. – 280 с.

15. Грищук Р. В. Основи кібернетичної безпеки : монографія / Ю. Г. Даник, Р. В. Грищук; за заг. ред. проф. Даника Ю. Г. – Житомир : ЖНАЕУ, 2016. – 636 с.

16. Грушецький А. М. Агентне моделювання: основні ідеї і перспективи / А. М. Грушецький // Наукові записки НаУКМА. Соціологічні науки. – 2014. – Т. 161. – С. 21–27.

17. Каток А. Б. Введение в теорию динамических систем; пер. с англ. под ред. А. С. Городецкого / А. Б. Каток, Б. Хасселблат. – М. : МЦНМО, 2005. – 464 с.

18. Колесников А. А. Синергетическая теория управления / А. А. Колесников. – М. : Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.

19. Колесников А. А. Синергетическое методы управления сложными системами : теория системного синтеза / А. А. Колесников. – М. : Едиторал УРСС, 2005. – 228 с.

20. Лоскутов А. Ю. Основы теории сложных систем / А. Ю. Лоскутов, А. С. Михайлов. – Москва–Ижевск : РХД, 2007. – 620 с.

21. Лоскутов А. Математические основы хаотических динамических систем : [Электронный ресурс] / Сайт Nonlinear dynamics and Chaos Group. – Режим доступа : http://chaos.phys.msu.ru/loskutov/PDF/Lectures_math_found_of_chaot_dyn_syst.pdf (дата обращения 1.09.2017). – Название с экрана.

22. Мазуренко В. В. Огляд моделей аналізу соціальних мереж / В. В. Мазуренко, С. Д. Штовба // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – № 2. – С. 62–74.

23. Молодецька К. В. Соціальні інтернет-сервіси як суб'єкт інформаційної безпеки держави / К. В. Молодецька // Information technology and security. – 2016. – Vol. 4, Iss. 1(6). – С. 13–20.

24. Раскин Л. Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л. Г. Раскин. – М. : Сов. радио, 1976. – 344 с.

25. Рогоза М. Є. Нелінійні моделі та аналіз складних систем : навч. посібник : [в 2 ч.] / М.Є. Рогоза, С. К. Рамазанов, Е. К. Мусаєва. – [2-ге вид., зі змінами]. – Полтава : РВВ ПУЕТ, 2011. – Ч. 1. – 300 с.

26. Томашевський В. М. Щодо моделювання соціальних мереж / В. М. Томашевський // Математичне та імітаційне моделювання систем (МОДС–2013) : матер. VIII міжнар. наук.-практ. Конф., 24–28 черв. 2013р.). – Чернігів : ЧДТУ, 2013. – С. 448–450.

27. Хартман Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Ф. Хартман. – М. : Мир, 1970. – 720 с.

CHAOS THEORY ADAPTATION FOR PROVIDING INFORMATION SECURITY OF STATE IN SOCIAL NETWORKING SERVICES

K. Molodetska-Hrynchuk
e-mail: kmolodetska@gmail.com.
Zhytomyr National Agroecological University,
Stary Boulevard, 7, Zhytomyr, 10002, Ukraine

As a result of the growing popularity of social networking services for social communication has become their use for conducting information operations against state information security. There

is a need to develop new effective approaches to counteract the threats to state information security in social networking services. It has been established that social networking services belong to the class of complex dynamic systems. The users of social networking services are called actors and interaction is characterized by nonlinearity with the possible transition to chaotic dynamics. The article substantiates the prospects of adaptation of the theory of dynamic chaos for further use in the system of ensuring information security of the state in social networking services. It was found out that effective transition of the virtual community of actors to a given state of information security basis on the synergetic management and self-organization processes.

Keywords: *social networking services, information security of the state, dynamic chaos, synergetic, actor.*

АДАПТАЦИЯ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ДИНАМИЧЕСКОГО ХАОСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОСУДАРСТВА В СОЦИАЛЬНЫХ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСАХ

К. В. Молодецкая-Гринчук
e-mail: kmolodetska@gmail.com.
Житомирский национальный агроэкологический университет
Старый бульвар, 7, г. Житомир, 10002, Украина

Результатом роста популярности социальных интернет-сервисов в процессах социальной коммуникации стало их использование для проведения информационных операций против информационной безопасности государства. В связи с этим возникает потребность в разработке новых эффективных подходов к противодействию угрозам информационной безопасности государства в социальных интернет-сервисах. Установлено, что социальные интернет-сервисы относятся к классу сложных динамических систем. Взаимодействие пользователей виртуальных сообществ, которых называют акторами, характеризуется нелинейностью с возможным переходом к хаотической динамике. В статье обоснована перспективность адаптации теории динамического хаоса для дальнейшего использования в системе обеспечения информационной безопасности государства в социальных интернет-сервисах. Обнаружено, что эффективный переход виртуального сообщества акторов к заданному состоянию информационной безопасности целесообразно реализовать на основе синергетического управления и процессов самоорганизации.

Ключевые слова: *социальные интернет-сервисы, информационная безопасность государства, динамический хаос, синергетика, актор.*