

INCREASING OF ENERGY EFFICIENCY IN HETEROGENEOUS NETWORKS THROUGH MICROCELLS

Keywords: heterogeneous network; energy efficiency; spectral efficiency.

Державний університет телекомунікацій, Київ

Ключові слова: інтелекту льн технологія; інтелекту льні системи; інформ ційні пок зники інтелекту льних систем; реор- г ніз ця; с моорг ніз ця; кон'юг ця; соці ця; інгресія; егресія; депресія; регресія.

У цій статті *об'єктом дослідження* є ІнтС, що належить до класу автоматизованих систем

і призначена для адаптації (самонастроювання, самонавчання, самоорганізації) СОТС до нових умов функціонування завдяки обробленню інформації (значень інформаційних показників або характеристик) методами штучного інтелекту. *Предметом дослідження* є інформаційні показники якості функціонування ІнтС.

Отже, питання розробки методів аналізу ефективності впровадження ІнтС на основі інтелектуальних технологій є актуальним і своєчасним.

Постановка завдання

Розглядається ІнтС, за допомогою якої здійснюється автоматизація процесів адаптації СОТС до наслідків впливу загроз на основі методів штучного інтелекту. ІнтС у процесі адаптації синтезує варіанти рішень щодо заходів реорганізації СОТС на основі аналізу вхідної інформації про вплив загроз на критичні елементи. Реорганізація як процес передбачає структурно-функціональну зміну структури. Для оцінювання якості процесів реорганізації за допомогою ІнтС постає завдання визначення переліку інформаційних показників і методів їх оцінювання з метою керування станом якості функціонування СОТС.

Аналіз останніх публікацій

У відомих працях [4–6] використовується ентропійний підхід до оцінювання стану об'єкта системи. Зміст такого оцінювання полягає в тому, що невизначеність стану об'єкта до експерименту характеризується безумовною (априорною) ентропією, а після експерименту — умовною (апостеріорною) ентропією. Різниця між ними — це кількість інформації, отриманої про стан об'єкта. Зазначений підхід мав спочатку тільки теоретичне значення для кількісної оцінки наявної інформації. Адже практично з моменту створення теорії інформації йшлося лише про розв'язання конкретних завдань у каналах зв'язку. Проте надалі в багатьох наукових працях, наприклад [7–9], цей підхід усе ширше застосовується для оцінювання інформаційних процесів стосовно організації функціональної структури складних систем згідно з припущенням, що вони аналогічні процесам обробки інформації про стан об'єкта в каналах зв'язку. У [10] було подано надзвичайно корисну ідею: якість функціонування будь-якої СОТС пропонувалось оцінювати через організаційні закони поєднання частин у єдине ціле, підтримання цього цілого в динамічній рівновазі з навколишнім світом і переміщення його по циклічній траєкторії розвитку в організаційній системі координат. При цьому було визначено два основні організаційні механізми — формуючий і регулюючий. Згадані ідеї сформулювали й поглибили Хакен, Пригожин і Стенгерс — творці теорії синергетики, що вивчає випадковість як норму, а хаос як конструктивний

чинник функціонування будь-якої нелінійної нерівноважної системи [11–13]. У працях [14–17] було розроблено регулюючі механізми організації, пов'язані з поняттями кон'югації, рівноваги, ланцюгового зв'язку, інгресії, дезінгресії, кризи, різниці. Зазначені механізми знайшли відображення через такі поняття, як консервативний підбір, рухома рівновага, прогресивний підбір. Ідеї синергетики сприяли усвідомленню позитивної ролі хаосу в ІнтС, який відіграє таку саму засадничу роль, як і закони збереження енергії та збільшення ентропії.

У цій статті згаданий підхід набуває розвитку в плані визначення переліку інформаційних показників та методів їх оцінювання з метою керування якістю функціонування СОТС.

Основна частина

Для оцінювання інформаційних процесів організації структури системи застосовуємо припущення про існування аналогії між функціонуванням каналу зв'язку та перебігом процесу генерації інформації в ІнтС. На основі багатьох наукових та інтернет-джерел визначимо низку ключових понять, скориставшись публікаціями [15–19].

Інтелектуальні технології (ІнтТ) — це сукупність інформаційних процесів, пов'язаних із генерацією, аналізом, інтерпретацією та використанням відомостей щодо розробки варіантів рішень безпосередньо в тій системі, в якій генеруються відповідні дані. Мета ІнтТ полягає в тому, аби за допомогою методів штучного інтелекту мінімізувати затримки, витрати й ризики щодо безпеки інформаційної технології в певній галузі виробництва, а також сформулювати опис способів підвищення ефективності функціонування елементів СОТС.

Нині, як відомо, умовно визначають такі категорії ІнтТ: *експлуатаційні* (наприклад, забезпечення функціонування всіх житлово-експлуатаційних служб мікрорайону), *інтернету речей* (контроль, управління та обробка інформації від «речей», оснащених сенсорами, датчиками і пристроями передавання інформації), *керування складними системами*, такими як інформаційно-пошукові інтернет-системи, телекомунікаційні мережі, енергетичні та транспортні системи, робототехніка тощо. На основі ІнтТ створюються, зокрема, ІнтС.

Інтелектуальна система (intelligent systems) — це технічна або програмна адаптивна система, яка забезпечує розв'язання неформалізованих творчих завдань користувача в певній предметній галузі та організовує його взаємодію із засобами автоматизації у звичних для персоналу чи користувачів поняттях, термінах, образах. ІнтС є складовою деякої інформаційної системи.

Структура ІнтС включає в себе три основні блоки: базу знань, механізм введення даних і виведення рішень, а також інтелектуальний інтерфейс.

Інтелектуальні системи вивчаються групою наук, об'єднаних під назвою *штучний інтелект* [16]. З огляду на існування різних категорій ІнтТ (експлуатаційні, інтернету речей та керування складними системами) думки вчених про склад розділилися: одні вважають, що керівний персонал — це частина ІнтС, а їхні опоненти протилежної думки. Тому за ступенем автоматизації розглядають ІнтС двох класів: автоматизовані або автоматичні.

Автоматизовані ІнтС допускають участь людини. Ідеться, передусім, про інтелектуальні системи, призначені для адаптації СОТС методами реорганізації, коли виконується автоматизований процес, в який втручається особа, що приймає рішення на основі свого інтелекту. У свою чергу, клас **автоматичних систем** допускає роботу без участі людини. Це, скажімо, інтелектуальні системи інтернету речей, здатні забезпечувати автоматичний процес самоорганізації, самонавчання або самонастроювання на основі синергетичних законів [15].

Слід зазначити, що межа між автоматизованими та автоматичними ІнтС досить умовна і залежить від рівня впровадження в них методів штучного інтелекту. Зрештою термін *інтелекту льні системи* стосується як автоматизованих, так і автоматичних ІнтС.

Відомо, що ІнтС як складова інформаційної системи є елементом СОТС. Тому для ІнтС доцільно виокремити такі види її забезпечення, як *технічне, інформ ційне, прогр мне та орг ніз ційне* (рис. 1) [15].

Усі види забезпечення мають вирішальний вплив на ефективність функціонування ІнтС, причому в кожному з них є критичний елемент, вплив загрози на який може призвести до критичного стану не тільки ІнтС або ІС, а й усю СОТС.

У [19] показано, що ознакою якості функціонування СОТС є структурованість системи стосовно певної мети. **Структурованість системи** — це наявність установлених інформаційних зв'язків і відношень між елементами всередині системи, а також розподіл елементів системи за рівнями ієрархії. Вплив загрози порушує інформаційні зв'язки, тобто структурованість системи. Звідси ступінь завданої шкоди можна оцінити через інформаційні показники, які враховують структурованість, що її сприймає спостерігач, неначе перебуваючи в центрі динамічного процесу взаємодії. Таким чином, між спостерігачем та об'єктом спостереження існує віртуальний канал зв'язку. З огляду на це обробка інформації про стан об'єкта аналогічна процесам у каналах зв'язку, причому спостерігач може отримувати інформацію про цілу низку подвійних властивостей: *ктивність — супротив, симіляція — дез симіляція, кон'юг ція — диз'юнкція, інгресія — дезінгресія* тощо. У такому разі зазначені властивості не становлять антиномії, а виступають робочими інструментами, що дозволяють розглядати та оцінювати їх у деякій системі логіки зі змінним центром, побудованій на принципі *доцентровості* (чутливості або сенсорності), подібно до фізіологічних процесів, коли доцентровим нервом (Sensory Nerve) передається збудження (аферентна інформація) від периферичних ділянок тіла до центральної нервової системи. Це дає змогу розглядати появу подвійних властивостей як результат отримання певної кількості інформації. Наприклад, подвійну властивість *ктивність — супротив* інтерпретуємо як невизначеність стану об'єкта до експерименту, що характеризується значенням безумовної (апріорної) ентропії, та як невизначеність після експерименту, задану умовною (апостеріорною) ентропією.



Рис. 1. Види забезпечення ІнтС [15]

Різниця згаданих значень дорівнює кількості інформації, отриманої про стан об'єкта завдяки експерименту.

У [9; 14] висвітлено загальний підхід до аналізу завданої шкоди і порушення структурованості на базі поняття неупорядкованості (хаотичності, безладу) і неорганізованості.

Неупорядкованість (англ. *chaos*) — це характеристика ступеня структурованості системи, що відбиває ступінь взаємодії її елементів під впливом шкідливих чинників, тобто порушень структурованості системи відносно якості досягнення мети внаслідок загрози. Шкода може бути через відсутність керування за умови некомпетентності, стихійності дій; анархії (відсутність планової організації), що характеризує процес управління. Синонімами є такі поняття, як *дезорієнтація*, *безлад*, *негептронія*. Зокрема, неупорядкованості відповідає відсутність інформації про стан об'єкта.

Неорганізованість — це антонім поняття *організованість*, що є характеристикою ступеня прояву дії деякої шкоди на інформаційні зв'язки внаслідок неупорядкованості усієї структури системи відносно заданої мети. Неорганізованість може бути функціональною, алгоритмічною, просторовою, часовою, структурною, статистичною, власною і наведеною. Наприклад, власна неорганізованість впливає з некомпетентності виконавця завдання і визначається ймовірністю появи такого стану. Це відповідає випадку, коли спостерігач, який контролює стан об'єкта, не знає, в який спосіб і які параметри процесів впливають на показники функціонування, що відповідають вищому рівню управління. Тобто інформація є, але немає впевненості в її достовірності, своєчасності або актуальності.

Відповідно до [6; 7] неупорядкованість \bar{Y} — це міра відмінності деякого елемента x_i від еталона $x_{\text{ет}}$, що прямує до нуля при $x_i \rightarrow x_{\text{ет}}$, а неорганізованість \bar{Q} — це міра відмінності деякого елемента x_i стосовно конкретного показника системи, на який діє неупорядкованість \bar{Y} . Тоді неорганізованість \bar{Q} будемо розглядати як *узгальнену характеристику неупорядкованості структурованої системи*, яка складається з певної кількості d структурованих елементів. Ці елементи можуть перебувати в m ситуаціях протягом часових інтервалів Δt .

Нехай маємо неорганізованість \bar{Q} , зважену за фактором суттєвості її прояву стосовно певних інформаційних показників функціонування деякої системи з урахуванням певного виду неупорядкованості \bar{Y} . Тоді цей факт відобразимо виразом

$$\bar{Q} = \bigcup^{\Delta t} \alpha_{\beta} \bigcup^d s_i \bigcup^m p_j F(\bar{Y}), \quad (1)$$

де \bigcup — умовний символ узагальнення характеристики неупорядкованості (неорганізованості \bar{Q}) за Δt інтервалів часу для d елементів і m ситуацій;

α_{β} , s_i , p_j — вага відповідно β -го інтервалу часу, i -го елемента та j -ї ситуації; F — функція від неупорядкованості \bar{Y} , за допомогою якої здійснюється зважування неорганізованості згідно з видом шкоди внаслідок неупорядкованості \bar{Y} та її прояву стосовно певного показника функціонування системи. При цьому функцію F можна подати у вигляді однієї із залежностей — лінійної, степеневі, логарифмічної та експоненціальної.

Неорганізованість \bar{Q} можна подати у вигляді кон'югації, що дозволяє всебічно враховувати різноманітність станів ІнТС: по-перше, як системи, що реорганізується (тобто виконується автоматизований процес, нав'язаний зовнішньою дією з боку особи, що приймає рішення на основі свого інтелекту), по-друге, як системи, що самоорганізовується (тобто перебуває в процесі автоматичної самоорганізації за відсутності нав'язаного зовнішньою дією порядку на основі синергетичних законів).

Кон'югація (лат. *conjunctio* — злиття, союз) — це відображення початкового моменту, що породжує зміни, виникнення, розвиток організаційних форм, поєднання комплексів. Отже, ідеться про ступінь взаємодії та освоєння ресурсів, про об'єктивне співвідношення сил, вплив або обмін досвідом між об'єктами, про взаємне запозичення прийомів боротьби та інших практичних відомостей. Наприклад, кон'югація кисню та водню призводить до появи нової речовини — води, яка має свої властивості. У галузі інформатизації кон'югація відображає погодженість дій і процесів між елементами системи в базовій еталонній моделі взаємодії відкритих систем (OSI). При цьому кон'югація може враховувати різні типи самоорганізуючих систем залежно від виділення тієї чи іншої групи властивостей як провідної. Це можуть бути системи, що саморегулюються, самоналаштовуються, самонавчаються, самоалгоритмізуються.

Що ж до умовного символу \bigcup , використовуваного для узагальнення характеристики неупорядкованості системи, то він ще не набув формалізованого сенсу.

Кон'югація має характерні організаційні механізми, такі як *комплексія*, *соціція*, *інгресія*, *егресія* тощо. Діють вони поряд зі своїми відповідниками протилежного змісту — *дегресія*, *дезінгресія* і *регресія*. Звідси неорганізованість у вигляді властивостей кон'югації можна подати показниками цих властивостей у такий спосіб.

Комплексія (лат. *complexio* — з'єднання) — це підготовчий етап розвитку (реорганізації або самоорганізації) системи внаслідок суто механічного поєднання елементів, між якими ще не почалися інформаційні процеси взаємодії, тобто неупорядкованість і неорганізованість максимальні. Це характерно для випадків, коли створюється система

(є мета, ухвалено план, закуплено устаткування, набрано персонал), але й досі вона ще не функціонує. З математичного погляду маємо *сукупність потрібних ресурсів*.

Асоціація (лат. *ssocio* — з'єдную, зв'язую) — це компонування властивостей структур, з'єднання згідно з певною метою. З математичного погляду неорганізованість асоціації об'єктів можна розраховувати як *коефіцієнт неорг нівов ної вз ємодії*:

$$\bar{K}_Z = 1 - \frac{M_Z(\Delta t)}{M_O}, \quad (2)$$

де $M_Z(\Delta t)$ — кількість об'єктів, що взаємодіють за період Δt ; M_O — потенційна кількість об'єктів, здатних до взаємодії.

Значення цього коефіцієнта може змінюватись від нуля до одиниці.

Дезінгресія (лат. *disruption* — руйнування, розрив, розпад, розкол; *gressio* — рухатися) — розділення і утворення «нових окремоностей», нових меж, кордонів. Неорганізованість у вигляді дезінгресії з математичного погляду є відображенням декомпозиції цілісної структури в дезорганізовані підсистеми, створення нових кордонів між новими системами. Тому може визначатися *коефіцієнтом, бо рівнем, розмежув ння — появи нових кордонів*:

$$D_K = \frac{D_a(\Delta t)}{D_O}, \quad (3)$$

де $D_a(\Delta t)$ — кількість зруйнованих з'єднань між об'єктами за період Δt ; D_O — загальна кількість з'єднань об'єктів.

Такий показник характеризує частку відмов від продукту/послуги. Наприклад, частка відмов від послуг мобільного оператора — це відношення кількості користувачів мобільного зв'язку, що перейшли до іншого оператора в регіоні до всього населення цього регіону.

Дегресія (лат. *decline* — падіння, спуск, відступ, відхилення; *gressio* — рухатися) — фіксує статичний стан, припинення руху, консервацію властивостей базових структур за наявності ресурсів, а також розпад зазначених властивостей у разі дефіциту ресурсів. Дегресія з математичного погляду є відхилення структури системи від її функцій, що може визначатися *коефіцієнтом, бо рівнем, відхилення*:

$$R_V = \frac{R_a(\Delta t)}{R_O}, \quad (4)$$

де $R_a(\Delta t)$ — кількість параметрів з'єднань, що зазнали відхилення за період Δt ; R_O — кількість параметрів усіх з'єднань об'єктів.

Коефіцієнти відхилення використовуються в регіональному аналізі для оцінювання нерівномірності територіального розподілу виробничих потужностей, фінансових ресурсів тощо.

Регресія (лат. *return* — повернення, зворотний рух; *gressio* — рухатися) — це форма відображення

розмежування, повернення до стану, що є стійким на основі історичного досвіду. Регресія з математичного погляду в загальному вигляді розглядається як відомий коефіцієнт регресії, тобто як абсолютна величина, на яку в середньому змінюється значення однієї ознаки при зміні іншої пов'язаної з ним ознаки на встановлену одиницю виміру.

Висновок

Розглянуто сутність понять *невпорядкованість і неорг нівов ність* щодо інтелектуальних систем і наведено перелік інформаційних показників для оцінювання процесів реорганізації (самоорганізації) таких систем з погляду різних організаційних механізмів кон'югації, таких як комплексія, асоціація, інгресія, егресія, у поєднанні з протилежними їм дегресією, дезінгресією і регресією.

Список використаної літератури

1. Рыбина Г. В. Основы построения интеллектуальных систем. Москв , 2010. 432 с.
2. Даник Ю. Г., Катков Ю. І., Пічугін М. Ф. Н ціон льн безпек : з побіг ння критичним ситу ціям: моногр фія. Житомир: Рут , 2006. 386 с.
3. Катков Ю. І., Вишнівський В. В., Серих С. О. Роль і місце інформ ційної інфр структури під ч с виникнення явищ критичності орг нів ційної системи // Зв'язок. 2017. № 5. С. 57–65.
4. Шеннон К. Р боты по теории информ ции и кибернетик . Москв , 1963. 829 с.
5. Горский Ю. М. Информ ционные спекты упр вления и моделиров ния. Москв , 1978. 223 с.
6. Хакен Г. Информ ция и с моорг низ ция. М кроскопический подход к сложным систем м. Москв , 1991. 240 с.
7. Найдыш В. М. Концепции современного естествозн ния: учебник. Москв , 2004. 622 с.
8. Маджуга А. Г., Маджуга А. Р., Дмитриев В. Л. Синергетик в обр зов нии // С нкт-Петербург, 2012. 288 с.
9. Богданов А. А. (М линовский). Очерки орг низ ционной н уки. Москв , 1922 // Электрон. публик ция: Центр гум нит рных технологий. 06.10.2010. URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/basis/5926> (Д т відвідув ння с йту 15.03.2018)
10. Хакен Г. Синергетик : иер рхия неустойчивостей в с моорг низующих систем х и устройств х. Москв , 1985. 425 с.
11. Николис Дж. Дин мик иер рхических систем: Эволюционное предст вление. Москв , 1989. 488 с.
12. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из х о с : новый ди лог человек с природой. Москв , 1986. 432 с.
13. Лийв Э. Х. Инфодин мик . Обобщенн я энтропия и негэнтропия. Т ллин, 1998. 200 с.

14. Бонгард М. М. Проблемы узн в ния. Москв , 1967. 320 с.

15. Довбиш А. С. Основи проектув ння інтелекту льних систем: н вч. посіб. Суми: Вид-во СумДУ, 2009. 171 с.

16. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформ ції. Інтелекту льні інформ ційні технології. Терміни т визн чення: 1995-01-01. Офіц. вид. Київ: Держст нд рт Укр їни, 1994. 72 с.

17. Аверкин А. Н., Гаазе-Рапопорт М. Г., Пospelов Д. А. Толковый слов рь по искусственно-му интеллект. Москв , 1992. 56 с.

18. Автоматизированные информ ционные технологии в экономике: учебник / В. В. Бр г , Н. Г. Бубнов [и др.] // Москв , 1997. 225 с.

19. Катков Ю. І., Вишнівський В. В., Серих С. О. Оцінк процесів реорг ніз ції системи з критичною інфр структурою // Зв'язок. 2017. № 6. С. 57–65.

Рецензент: доктор техн. наук, професор Л. Н. Беркман, Державний університет телекомунікацій, Київ.

В. В. Вишневский, О. В. Зинченко, Ю. И. К тков, С. А. Серых

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Р скрыт сущность интеллекту льных технологий и созд в емых н их основе интеллекту льных систем, к к сост вляющей сложных орг низ ционно-технических систем и д но подробное ср внение процессов реорг низ ции и с моорг низ ции. Пред-ложен перечень информ ционных пок з телей интеллекту льных систем, необходимых для оценки процессов реорг низ ции (с моорг низ ции).

Ключевые слова: интеллекту льн я технология; интеллекту льные системы; информ ционные пок з тели интеллекту льных систем; реорг низ ция; с моорг низ ция; коньюг ция; ссоци ция; ингрессия; эгрессия; дегрессия; регрессия.

V. V. Vyshnivskiy, O. V. Zinchenko, Y. I. Katkov, S. O. Serikh

INFORMATION CHARACTERISTICS OF INTELLIGENT SYSTEMS

This paper examines the essence of intelligent technologies, intellectual systems, which are part of complex organizational and technical systems. The processes of reorganization and self-organization are compared. The list of information indicators of intellectual systems for the evaluation of reorganization processes (self-organization) is proposed.

Keywords: intellectual technology; intellectual systems; information indicators of intellectual systems; reorganization; self-organization; conjugation; association; ingression; egregia; regression.

Шановні колеги!

**Передплата на загальногалузовий науково-виробничий журнал
завжди триває!**

її ви можете оформити за «Каталогом видань України» та «Каталогом видань зарубіжних країн»:

- ❖ у відділеннях поштового зв'язку
- ❖ в операційних залах поштамтів
- ❖ у пунктах приймання передплати
- ❖ на сайті ДП «Преса» www.presa.ua
- ❖ на сайті УДППЗ «Укрпошта» www.ukrposhta.ua

ПЕРЕДПЛАТНИЙ ІНДЕКС

74224



Підтримуйте фахове галузеве видання — завжди надійне джерело достовірної інформації!