

О.О. Скопа, к.т.н., доцент, кафедра комп'ютерної інженерії
Н.Ф. Казакова, к.т.н., доцент, кафедра інформаційної безпеки
Міжнародний гуманітарний університет (м. Одеса)

ГЛОБАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Анотація. Досліджуються властивості інтелектуальних систем та мереж, основаних на нейронних технологіях. Показується, що вони є гетерогенними, синергетичними та складними технічними системами, які не володіють марківськими властивостями.

Annotation. Properties of the intellectual systems and networks based on neurons technologies are explored. It is shown, that they are the heterogeneous and difficult technical systems which own of non-Markov-properties.

В [1] досліджені актуальні питання необхідності створення, існування та розвитку нейронних мереж (НМ) на базі інтелектуальних систем і мереж (ИСМ) в Україні. Показано, що НМ, як частина комплексу інтелектуальних систем і мереж (ИСМ-НМ), є соціально-технічною системою, територіально розподіленою, великомасштабною, багатокomпонентною, багатозв'язковою та складною. ИСМ-НМ є частиною техносфери і частиною соціуму. Вона в значній мірі визначає рівень і шлях розвитку цивілізації. Основне призначення ИСМ-НМ полягає в підвищенні к.п.д. соціуму за допомогою посилення його творчої і підприємницької активності, розширення сфери спілкування, прискорення операцій, розрахунків і домовленостей, ліквідації бюрократизму і підвищення відповідальності.

Формування і правильний (раціональний) розподіл послуг ИСМ-НМ, створення довіри і комфорту для користувачів, засновані на її високій наукоємності і перспективному технічному рівні, безперервному інтенсивному і екстенсивному розвитку.

ИСМ-НМ має широкий і різнотипний склад користувачів, що потребують різних послуг і різного темпу їх надання, який володіє різними організаційними і фінансовими можливостями. Це державні структури і відомства, виробничі і підприємницькі структури, банки, біржі і торгівля, культура, освіта і охорона здоров'я, індивіди, зарубіжні партнери. Весь цей конгломерат утворює складну і багатозв'язкову підсистему, що володіє іманентною стійкістю, і безперервно поповнюється. Виходячи з цього **постановкою проблеми** є встановлення властивостей ИСМ-НМ з метою їх подальшого дослідження та впровадження.

Аналіз досліджень та публікацій. З метою виявлення властивостей ИСМ-НМ, був проведений аналіз досліджень і публікацій, направлених на визначення їх ролі і позиції в науково-технічному прогресі. В результаті встановлено, що ИСМ-НМ володіють специфічними властивостями, які базуються на гетерогенних та синергетичних явищах, в достатній мірі володіють якостями та ознаками складних технічних систем з немарківськими розподілами. Крім того встановлено, що проблемам впливу властивостей ИСМ-НМ як самостійної технічної одиниці на соціум, дослідження з погляду ергатичності, увага системно не приділялася.

В результаті встановлено, що не зважаючи на велику питому вагу ИСМ-НМ, їх конкретні властивості не встановлені або визначені в загальному вигляді, що дає можливість подальшої роботи в дослідженні зазначеної **невирішеної проблеми**.

Мета статті полягає в тому, щоб показати, що виявлення властивостей ИСМ-НМ в першу чергу повинне виходити з їх *соціально-економічної ролі*, оскільки призначення будь-якої системи визначається саме нею [3].

Виклад основного матеріалу. ИСМ-НМ володіють специфічними властивостями, що виділяють їх в системи особливого класу. Ці особливості зумовлені факторами, які наведені нижче.

ВЛАСТИВІСТЬ 1. ICM-NM є інтелектуальними інформаційними системами. «Робоче тіло» ICM-NM – інформація. Інформація розглядається як фізична суть. У ICM-NM інформація має ціну (у грошових одиницях). Джерелом інформації є банки даних і користувачі від яких інформація надходить або в статичному (текст, креслення, образ), або в динамічному (мова, образ, що змінюється) вигляді. Це первинна, початкова інформація, що утворюється за допомогою інтелектуальної або технічної генерації. У ICM-NM відбувається багатократне перетворення інформації, наприклад звукової в електричну, яка може потім знову перетворюватися в звукову або запам'ятовуватися на деякий час, а потім перетворюватися в електричну – і знову в звукову. При цьому змінюється носій інформації. Інформація може кодуватися – це інший спосіб генерації. Кожен генератор інформації має свої к.п.д.

Як і енергія, інформація характеризується якістю. Вона може бути образною, звуковою, текстовою.

ВЛАСТИВІСТЬ 2. ICM-NM гетерогенні. ICM-NM складаються з двох основних компонентів (підсистем): соціального і технічного. Ці компоненти істотно різні по своїй фізичній суті, що складає основу генерування інформації. На взаємодії цих компонентів засновані структура і функції ICM-NM. Головне завдання ICM-NM полягає у функціональному сполученні фізично різнорідних систем за допомогою єдиного робочого тіла. Рішення цієї задачі упирається в наукові і практичні проблеми.

Наукові проблеми полягають в тому, що соціальний і технічний компоненти знаходяться у веденні різних наук, що відрізняються категорійним апаратом, методологією і змістом.

Практичні проблеми полягають в принциповій відмінності робочого апарату. Соціологія користується (як всяка гуманітарна наука), в основному, логікою і якісними оцінками. Технічний компонент має в своєму розпорядженні строгу математичну теорію і кількісні оцінки. Технічний компонент оперує метричними або топологічними просторами, використовує адекватні координатні системи функціональні простори і фазові координати для одноманітного і зв'язного опису процесів і явищ. Соціальний компонент взагалі не має ні координатної системи, ні узгоджених одиниць вимірювання використовуваних величин.

ВЛАСТИВІСТЬ 3. Окрема ICM-NM є «великою» системою. Вона містить величезну кількість самостійних компонентів або достатньо великі системи (телепорти, комутаційні станції, супутникові комплекси), або багатфункціональні пристрої. ICM-NM може включати сотні тисяч, навіть мільйони абонентських комплектів (і відповідне число користувачів), тисячі ліній телекомунікації, сотні стаціонарних і рухомих об'єктів. Компоненти ICM-NM мають різний устрій і різні функції, що виконуються різними способами.

ICM-NM багатозв'язні. Всі їх компоненти можуть бути сполучені (або сполучені завжди). ICM-NM містить як прямі, так і зворотні підсилюючі або компенсуючі зв'язки, постійні і тимчасові, корегуючі і регулюючі. Структура і топологія ICM-NM змінні, керовані, залежать від користувачів – в цілому конформні і ситуаційні.

Надійність ICM-NM, як і будь-якої великої системи, обмежена. Частина її елементів завжди знаходиться в неробочому стані, що не повинно порушувати загальної працездатності. Звичайно, не можна виключити серйозніших пошкоджень в результаті природних або техносферних катаклізмів, але вони повинні носити локальний і тимчасовий характер – необхідне передбачення резервних елементів.

ВЛАСТИВІСТЬ 4. Окрема ICM-NM або їх об'єднання є великомасштабною системою. Вона охоплює регіон, країну, виходить за межі країни і інтегрується в світову систему збору, обробки, аналізу і розподілу інформації. По масштабах – ICM-NM планетарні, проте в одному об'ємі може діяти декілька ICM-NM: вони взаємно проникні. Разом з тим об'ємна щільність ICM-NM дуже мала. Процеси в ICM-NM різнорідні і протікають з істотно різною швидкістю.

Енергоємність ІСМ-НМ мала: від кіловат на кубометр власного об'єму до мікроват на кубометр загального об'єму. Звідси ціна інформації: якщо 1 МДж електроенергії коштує декілька доларів, то вартість інформація, яку може нести 1 МДж (близько $10^{12}..10^{13}$ біт) може взагалі не мати цінової оцінки. Це говорить про високу ціну генерації інформації. Таким чином, у всіх вимірах – просторі, часі, інформації, енергії, ціні – робочий масштаб ІСМ-НМ дуже великий. Кількість інформації, використовувана споживачем, складає від одиниць мегабіт до десятків гігабіт в добу, загальне навантаження системи – мільйони гігабіт в добу, а пікове навантаження – терабіти в секунду.

ВЛАСТИВІСТЬ 5. ІСМ-НМ є просторово-розподіленими системами і містять як дискретні, так і безперервні (просторово-протяжні) компоненти. До дискретних відносяться абонентські комплекти, комутаторні станції, радіорелейні станції, телепорти, накопичувачі інформації, засоби аналізу інформації, інформаційні центри як незалежні частини ІСМ-НМ і т.д. До безперервних – лінії передачі інформації, телефонні кабелі, світловоди, наземні і космічні радіолінії. Частина об'єктів є стаціонарною (статичною): це всі наземні об'єкти, окрім рухомих станцій мобільного зв'язку. Інша частина – рухома (динамічна) складова: супутники зв'язку і ретрансляції, рухомі станції мобільного зв'язку, рухомі абоненти ІСМ-НМ і т.д.

Дискретно-безперервна і статико-динамічна природа ІСМ-НМ породжує особливу специфіку процесів, що відбуваються в них, зокрема – збільшує число мір свободи, конформності і ситуаційності. Просторовий розподіл і статико-динамічна специфіка розповсюджуються на соціальний компонент: щільність населення і колективні користувачі розподілені по території дуже нерівномірно. Частина людських контингентів знаходиться в русі (у різних видах транспорту). Потoki вимог на інформаційні послуги володіють великою просторово-часовою дисперсією і нестаціонарною.

ВЛАСТИВІСТЬ 6. З точки зору управління – ІСМ-НМ є ергатичними (людино-машинними). Управління включає чотири елементи: технічне, функціональне, оперативне, координаційне. У типових (тобто наперед обстежених, запрограмованих або таких, що раніше спостерігалися і врахованих в програмах) ситуаціях управління повністю автоматизоване і втручання людини не вимагає. Проте необхідно передбачити можливість нових, раніше невідомих ситуацій, що виникають спонтанно, на які програма управління не розрахована. Це не обов'язково пов'язано з піковим навантаженням або надзвичайними подіями. Можливі зміна або доповнення пріоритетів, непередбачене підвищення навантаження на який-небудь напрям, відмова важливого об'єкту і, отже, тривалий ремонт для відновлення його працездатності, раціональний перерозподіл замовлень, термінова зміна тарифної політики і т.д. Але можливі і гострі ситуації, пов'язані з виробничими або комерційними подіями і процесами. У подібних ситуаціях (до того, як буде доповнена програма управління) необхідне втручання людського інтелекту для підтримки ефективності ІСМ-НМ на високому рівні. Таке втручання (що оптимізує роботу ІСМ-НМ) може здійснити експертна система підтримки, що має в своєму розпорядженні інтерактивні засоби корегування програми управління. Безпосередня реалізація управління здійснюється все ж таки автоматично.

ВЛАСТИВІСТЬ 7. ІСМ-НМ є немарківськими. Це означає, що їх поведінка визначається не тільки поточним станом, але і передісторією, причому досить тривалою. Параметри стану не тільки не відповідають всім попереднім процесам, але й у ряді ситуацій суперечать їм. Зрозуміти це явище (що спостерігається і у фізичних системах) не так просто. Механізм впливу передісторії на поведінку системи різноманітний і опосередкований. Зрозуміло, передісторія впливає на її поточний стан (у кожен момент оцінки параметрів), проте цей вплив неоднозначний, тому поведінка системи могла б бути теж неоднозначною і невизначеною (один і той же стан міг би мати наслідками різної поведінки). Однозначність поведінки додає саме передісторія. Принаймні, вона знижує діапазон неоднозначно-

сті. Вплив передісторії спирається на два основні фактори: тимчасово законсервовані програми (у пам'яті системи – в статичній формі або в процесах – в динамічній формі), і процеси, що протікають в системі. Теоретично зміст законсервованих програм повинен відобразитися на параметрах стану, але практично цього не відбувається. Це були б «приховані» параметри, які на хід подій (в період консервації) не впливають, і виявити які (як і саму законсервовану програму) неможливо. Процеси взагалі не можуть бути оцінені скінченим числом параметрів, так що коли говорять про «стан», мають на увазі головні параметри, що безпосередньо і негайно впливають на хід подій з достатньою (тобто вищою за деякий поріг) силою. Опис немарківських систем вимагає спеціального апарату.

ВЛАСТИВІСТЬ 8. ІСМ-НМ нелінійні. Нелінійностей багато, відзначимо головні з них:

– *Нелінійна залежність між числом абонентських комплектів і загальною кількістю устаткування.* Тут додатково впливають протяжність ліній, розподіл пунктів комутації, мобільного зв'язку, пропускна спроможність каналів. *Це – технічна нелінійність;*

– *Нелінійна залежність між числом користувачів (індивідуальних і колективних) і їх сумарною платоспроможністю (отже, прибутковістю системи).* Це пов'язано з відмінностями у фінансовому положенні користувачів, у складі вимог на послуги і в щільності розподілу вимог. *Це – соціальна нелінійність;*

– *Нелінійна залежність між абонентським навантаженням і поточною продуктивністю ІСМ-НМ.* Щільність абонентського навантаження істотно ситуаційна. Вона визначається розподілом і контингентом користувачів, сезонністю і часом доби. Поточна продуктивність – повільно змінна величина. Можливості її регулювання управлінням обмежені. *Це – соціально-технічна нелінійність;*

Існує ще ряд нелінійностей менш помітних, локальних у просторі та часі. Нелінійність схильна до змін, зв'язаних, головним чином, з розвитком системи і ситуаційними чинниками. На початковому етапі розвитку системи різниця між об'ємами абонентського і решти устатобладнання дуже велика. З часом вона зменшується і, крім того, схильна до скачків при введенні нових об'єктів. Істотне збільшення нелінійностей викликають соціальні і природні катаклізми, особливо значне – надзвичайні ситуації.

ВЛАСТИВІСТЬ 9. ІСМ-НМ синергетичні. У ІСМ-НМ комутація каналів запрограмована. Проте програми діють ситуаційно, залежно від розподілу і змісту вимог. Безперервно використовуються канали, що вимагають дії компенсаційних, підсилювальних, навіть (хоча рідко) кумулятивних зворотних зв'язків. Задоволення вимог, що поступили, в найкоротший строк відбувається з урахуванням обмежень (на резерв, завантаження каналів, пріоритети);

Засоби самоорганізації – пам'ять і зворотні зв'язки. У пам'яті фіксуються ситуаційні дані і стани системи, а також дії програм у відповідних ситуаціях. Цей спорадичний (не залежний від управління) процес створює в системі внутрішні пріоритети розподілу і завантаження каналів, блоків обробки і аналізу інформації, які поступово набувають стійкості. У цьому полягає механізм самоорганізації.

Синергетика ІСМ-НМ зовсім не завжди приводить до позитивних результатів, тому підлягає коректуванню через дію на програми. Проте в цілому, синергетика істотно покращує роботу ІСМ-НМ. Виробляються типові операції, поліпшуються пакетна обробка і формування файлів. Поступово в процес самоорганізації втягується система управління (включаючи експертну підсистему). Завдяки синергетиці ІСМ-НМ набувають самостійності в поведінці.

ВЛАСТИВІСТЬ 10. ІСМ-НМ є складними системами високого рівня, тобто надскладними. Надскладними називаються системи, що складаються з декількох складних систем. Складність утворюється в результаті взаємодії наступних чинників: багатокомпонентності, нелінійності, великого числа ступенів свободи, наявності пам'яті. Звичайно складні системи описуються системою нелінійних диференціальних рівнянь першого по-

рядку з постійними коефіцієнтами, з числом невідомих змінних не менше трьох і з однією незалежною змінною, з аргументом, що відхиляється.

Основна специфіка ІСМ-НМ полягає в їх слабопередбачуваності. У ІСМ-НМ значна слабопередбачуваність недопустима, тому складність повинна бути знижена до допустимого рівня. Це досягається управлінням. Складність має міру і розмірність (взагалі кажучи, фрактальну, але таку, що зводиться до цілочисельної).

Теорія складних систем розроблена більш-менш ґрунтовно, проте її застосування вимагає спеціалізації у кожному конкретному випадку. Оскільки у ІСМ-НМ надзвичайно велике число ступенів свободи, розвиток теорії повинен йти саме в цьому напрямі. Крім негативного чинника – слабопередбачуваності – складні системи володіють істотно позитивними – тенденцією до розвитку.

Ефективність ІСМ-НМ визначається її властивостями. Це ж відноситься до критерію ефективності. Формально критерій ефективності може бути вибраний довільно, проте це ілюзія, хоч і досить стійка. Кожна складна система має властивий їй внутрішній критерій ефективності, що визначає діяльність і перспективність системи. Це – іманентний критерій. Якщо вибраний оцінний (з позицій власника, користувача або деякої підсистеми) критерій ефективності не відповідає внутрішньому, а управління здійснюватиметься на основі оцінного критерію, система чинитиме опір управлінню, можливі розладнання, погіршення працездатності і навіть руйнування системи.

Висновки. Зі специфічних властивостей ІСМ-НМ особливою своєрідністю і значущістю, характерними тільки для них, відрізняються наступні:

– *Гетерогенність* – наявність у складі системи таких різних за природою компонентів, як соціальний і технічний. Соціальний компонент (споживач, користувач) інтелектуальний, слабо структурований, керується груповим або особистим інтересом (корисністю). Він не має міри і загальноприйнятих одиниць вимірювань. Технічний компонент добре організований, управляємий, функціональний. Він має фізичну сутність і вимірюється в загальноприйнятих системах одиниць фізичних величин;

– *Синергетичність* – схильність до самоорганізації і самостійної (автономної) поведінки, має здібність до самозбереження і протидії зовнішньому тиску, здібність до усунення змін (у певних межах) внутрішніми засобами, має функціональну інертність;

– *Немарковість* – формування поведінки не тільки залежно від параметрів стану (поточних характеристик), але і від передісторії, зокрема віддаленої, від прихованих («законсервованих») програм, що не впливають на стан і недоступних спостереженню, але включаються спонтанно в певних умовах ізольованих процесів, що несподівано включаються в загальносистемну діяльність;

– *Складність* – слабопередбачуваність поведінки, можливість значного, скільки завгодно великого відхилення від норми при малих, але відмінних від нуля змінах початкових умов (функцій).

Таким чином, з погляду подальшої розробки ІСМ-НМ, *перспективами подальших досліджень* є встановлення величини впливу властивостей ІСМ-НМ на їх ефективність.

Список літератури

1. Скопа О.О. Концептуальні положення розвитку нейронних мереж в Україні // Наукові записки УНДІЗ. – № __. – Київ: УНДІЗ, 2008. – С. __ - __.
2. Шехтман Л. И. Системы телекоммуникаций: проблемы и перспективы. (Опыт системного исследования.) – М.: Радио и связь, 1998. – 280 с.: ил.
3. Скопа О.О., Казакова Н.Ф. Телекоммуникації як рушійна сила економіки // Тр. III Междунар. науч.-практ. конф. «Системы и средства передачи и обработки информации»: ОАО «Нептун», УГАС им.А.С.Попова, Одесса, 7-12 сент. 1999 г. – Одесса, 1999. – С.82-83.