

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ БАЗОВИХ ПРИНЦИПІВ АУТОПОЙЕЗИСУ

В статті розглянуто проблеми проектування складних систем як актуального завдання теорії системотехніки. Розглянуто особливості інформаційних процесів у складних системах та сучасні підходи до врахування зростаючої складності систем на основі аутопойетичної концепції. Запропоновано підхід до моделювання складних систем на основі визначення базових принципів аутопойезису.

Ключові слова: аутопойезис; складна система; інформаційна система; модель; проектування.

Вступ. Ріст складності структури та процесів, що відбуваються у сучасних системах управління, призводить до залучення все більших обсягів даних та, як наслідок, ускладнення моделей та методів обробки інформації. Не зважаючи на рівень розвитку сучасних комп'ютерних технологій, інформація, яка використовується для управління складними системами, характеризується неповнотою, неточністю, суб'єктивізмом та має слабо структуровану форму. Це обумовлює низьку ефективність сучасних інформаційних систем та моделей обробки даних. З іншого боку, вказані недоліки інформації не дозволяють підвищити ефективність інформаційних систем управління на основі існуючих підходів. Все це призводить до необхідності не тільки вдосконалення існуючих моделей та методів управління складними системами, а й до пошуку нових підходів до проектування інформаційних систем.

Будь-яка діяльність тим більш успішна, чим вище рівень її системності. Системні дослідження отримали широке розповсюдження у цілій низці наук. Важливу роль вони відіграють у техніці, де сформувався особливий науковий напрям – системотехніка. Основні проблеми загальної теорії систем та системотехніки співпадають у багатьох випадках, але мають свою специфіку. Значне місце займають питання проектування складних систем. З проектуванням тісно пов'язано питання моделювання складних систем, зокрема інформаційних систем та процесів.

Постановка проблеми. Поняття «система» широко використовується в науці і практиці для позначення об'єктів вивчення людини. У науково-технічній літературі, мережі Інтернет, засобах масової інформації об'єкти різної природи називаються відповідними

видами систем – технічної, економічної, політичної, соціальної, операційної і т. д. Широта уживання поняття системи зумовила і множину визначень цього поняття, в якому виділяють дві групи [1]. Перша група визначень відображає принципи вивчення навколишнього світу, які склалися в природничих науках. Дослідники поділяють досліджувану систему на елементи, вивчають властивості елементів, взаємодію (зв'язки) елементів з урахуванням їх властивостей і таким чином отримують уявлення про систему в цілому як про сукупність взаємопов'язаних елементів.

Досить точну формалізацію системи S , яка визначається згаданим чином, запропонував Месарович [2] шляхом введення сімейства множин $\tilde{X} = \{X_i \mid i \in \overline{1, n}\}$, де X_i – повна сукупність прояву атрибуту $i \in \overline{1, n}$. Тоді система S є таким відношенням на \tilde{X} , що $S \subset X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$. Інакше кажучи, система S являє собою повну сукупність проявів реально існуючого об'єкта, який називається системою. Недоліком визначень першої групи є те, що не враховується властивість системи як цілісного об'єкта і властивості, які не зводяться до властивостей елементів системи.

У визначеннях другої групи зазначений недолік усувається. У них реалізується принцип подвійності, згідно з яким система, з одного боку, є цілісним об'єктом і як елемент входить у систему більш високого рівня, а з іншого боку, вона розчленовується на елементи, що її складають. Визначення другої групи «довизначають» систему відповідно до визначень першої групи і тим самим більш повно виражають такі особливості складних систем як:

- велика кількість елементів, що утворюють ієрархічну структуру змінного, а іноді і стохастичного характеру;

- дії елементів, які мають, як правило, невизначений і нестационарний характер;

- наявність різних цілей, які часто мають суперечливий характер;

- відсутність математичного опису.

Сучасні вимоги до інформаційно-керуючих систем ставлять перед розробниками все більш складні завдання. Це обумовлює актуальність здатності сучасних складних інформаційних систем реагувати на зовнішнє середовище, яке динамічно змінюється, з урахуванням внутрішніх станів. Дослідження та проектування будь-яких складних систем можливо лише за умов урахування принципів цілісності та ієрархічності. Вивчення складних систем достатньо проблемне з погляду складності структури, інваріантності поведінки та невизначеності шляхів розвитку. Це обумовлює використання моделей та прогресивних підходів до дослідження складних систем та процесів.

В сучасній науці існує розширення теорії систем за рахунок введення спеціальних систем. Спеціальні системи неможна визначити перерахунком їх компонент або розташуванням їх елементів. Основним атрибутом системної сутності тут є набір морфізмів між компонентами системи, які, по-перше, визначають свою форму в момент часу, по-друге, виступають у ролі ядра ідентифікації системної сутності, незалежно від динамічних змін системи у часі. До систем спеціального типу можна віднести аутопойетичні (самовідтворювальні) та дисипативні (розсіювальні) системи [3].

Термін аутопойезис, утворений від грецьких слів *auto* (сам-) та *poiesis* (створення; виробництво), був введений Умберто Матураной та Франсиско Варелой у 1972 р. для визначення особливостей живих організмів – самовідтворювання компонент, які реалізують їх організацію [4]. Категорія самовідтворювання означає те, що по-перше, система самовідтворює саму себе як систему, по-друге, система самовідтворює морфізми між своїми компонентами, по-третє, система самовідтворює семантику (сутність свого існування). Аутопойетичну теорію можна застосовувати у різних галузях людських знань, таких як інжиніринг програмного забезпечення, штучний інтелект, соціологія та психотерапія.

Інформаційна система як сутність реалізується через наявність морфізмів своїх компонент в інформаційному просторі, які містять у собі інформаційну структуру. Більшість інформаційних систем в Інтернеті мають структури, які динамічно змінюються. Можливості побудови сайтів із функціональноскінчених конструктивних одиниць в інформаційних системах з послугами хостингу, створення поштових скринь, власних чатів і т. п., призводять до того, що продовжуючись рекурентно інформаційні взаємодії між системою та середовищем, яке включає множину користувачів, змінюють в цілому інформаційну структуру хостинг-порталу. Онтогенезис морфізмів представляє еволюційний розвиток окремих інформаційних систем. Між онтогенетичним та філогенетичними

морфізмами існує тісний взаємозв'язок, який дозволяє на основі перших, наприклад, зробити висновок о філогенезисі інформаційного простору [5, 6]. Онтогенетичні морфізми інформаційних систем надають компенсаційних впливів на філогенезис зовнішнього інформаційного середовища, в рамках якого вони відбуваються. Компенсація означає те, що існує діапазон змін, обмежений лімітом у точці біфуркації, в якому структура інформаційної системи зберігає стійкість та при малих інформаційних впливах здатна зберігати totoжність до самої себе.

Таким чином, врахування цього феномену при проектуванні складних інформаційних систем та процесів, є однією з важливих, та водночас невирішених, проблем сучасної теорії системотехніки.

Аналіз досліджень та публікацій. Багато авторів займалися проблемами управління складних систем. Зокрема, цим проблемам присвячені праці таких авторів, як І. Ансофф, В.Н. Бурков, Д.О. Новиков, Т. Сааті, А.Д. Цвиркун, та багатьох інших [7-9]. Теоретичною основою для вирішення задач управління складними системами є: загальна теорія систем, системний аналіз [10] і методи оптимізації.

Як показав проведений аналіз, складність об'єкту управління, з одного боку, та розширення цілей та завдань управління, з іншого, – призвели до появи низки нових концепцій управління. Зазвичай теза про складність та відкритий характер сучасних систем управління не потребує доказів. Така постановка задачі призвела до появи низки різноманітних методів врахування невизначеності та випадковості зовнішнього оточення та внутрішніх процесів складної системи [11-14].

Кібернетика, як наука про загальні закони одержання, зберігання, передавання й перетворення інформації у складних системах управління, сформувала загальні принципи створення систем управління і системи для автоматизації. Значний внесок у становлення та розвиток кібернетики зробили такі українські вчені як: М. М. Амосов, П. І. Андон, А. В. Анісімов, В. М. Глушков, В. Ф. Губарев, В. С. Дейнека, М. З. Згуровський, О. Г. Івахненко, І. М. Коваленко, В. М. Кунцевич, О. В. Палагін, І. В. Сергієнко. Об'єктами кібернетики є будь-які керовані системи, які розглядаються абстрактно, не залежно від їхньої матеріальної природи. Довгі часи кібернетичні принципи управління були домінуючими серед прогресивних підходів управління складними системами.

Зростаюча складність систем та процесів, що в них протікають зумовила пошук нових підходів та розвиток кібернетичних принципів для нових умов. Адаптивна методологія управління [15] концентрує увагу на динаміці не тільки об'єкту управління, а також і на постійній зміні зовнішнього середовища.

З певного моменту зросту складності системи можна ідентифікувати нові властивості системи, пов'язані з її інтегральними якостями – самопобудова та зростання складності під впливом внутрішніх системних змін. Дослідження цих процесів проводяться в рамках аутопойетичної концепції створення складних систем [16]. Зважаючи на складність сучасних інформаційних систем та процесів потребують подальшого

вивчення моделі та підходи проектування складних систем, які базуються на системно-еволюційній парадигмі, враховують закономірності сталого розвитку складних систем та особливості їх еволюції на етапах адаптивного та біфуркаційного розвитку.

Постановка завдання. Метою даної роботи є визначення поняття «аутопойезис» с точки зору системотехніки та проектування складних інформаційних систем, що дозволить визначити принципи моделювання складних систем відповідно до сучасних вимог до рівня їхньої складності.

Основні результати. Швидкий розвиток і ускладнення техніки, збільшення масштабів і вартості робіт при створенні нових систем, широке впровадження автоматизації – все це привело до необхідності введення поняття складної системи. Складною системою називається множина взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів і підсистем різної фізичної природи, що складають нероздільне ціле, забезпечують виконання заданої складної функції і описуються досить складними математичними моделями.

Найбільш важливими у створенні складної системи є початкові етапи і стадії проектування, де формується уявлення про досліджувану систему, формулюються основні вимоги до її характеристик, створюється узагальнена модель структури системи і описуються закони її функціонування. Помилки, допущені на цих етапах проектування, можуть призвести до невірних витрат інтелекту, часу і грошових коштів, нерациональних рішень і, нарешті, навіть до нереалізованих проєктів.

Основні особливості складних систем:

- багатовимірність, пов'язана з наявністю великої кількості елементів і зв'язків між ними;
- ієрархічний багаторівневий характер подання самої системи та структури управління;
- множина структурно-компонувальних рішень;
- багатоаспектність подання;
- розподіленість у просторі та часі;
- багатоцільове функціонування;
- імовірнісне функціонування і поведінка системи, обумовлені складною взаємодією з мінливим зовнішнім середовищем.

Одним з найважливіших інструментів системного аналізу, який дозволяє отримати опис ієрархії зв'язків, механізмів і структур складних багатокомпонентних систем, є моделювання, що дає можливість:

- візуалізувати систему в її поточному або бажаному для дослідника стані;
- визначити структуру або поведінку системи;
- отримати шаблони, що дозволяють формувати і моделювати системи даного класу.

Виникнення формальної системи є результатом взаємодії дослідника з системою як частиною середовища згідно з поставленими цілями. Модель як формальна система завжди простіше реальної системи, яка є об'єктом вивчення дослідника. У моделі зберігають лише основні якості системи, що вивчається, вони представляють найбільший інтерес для дослідника виходячи з цілей дослідження. Основним засобом для дослідження складних систем є математичні моделі, під якими розуміються формальні системи з

елементами у вигляді математичних об'єктів (чисел, змінних, матриць, множин і т.д.) і відносин між ними, що відображають властивості модельованої реальної системи. Вид математичної моделі залежить від природи модельованої системи, цілей моделювання, необхідної точності та достовірності вирішення завдань дослідження і т.д.

У даний час поряд з широко використовуваними традиційними методами аналітичного моделювання велика роль відведена методам імітаційного моделювання, які дають можливість отримати найбільш якісні результати при аналізі динаміки поведінки складної системи, дозволяючи найбільш гнучко, повно і наочно відображати процеси, що протікають у них.

Для побудови математичної моделі використовуються неформальні і формальні методи. Неформальні методи використовуються для отримання математичних моделей елементів системи, що розташовуються на різних ієрархічних рівнях. Реалізація неформальних методів включає вивчення закономірностей процесів і явищ у модельованій системі або її елементах, виділення істотних факторів, прийняття різного роду припущень та їх обґрунтування, математичну інтерпретацію наявних відомостей і т.д.

Усі зазначені операції побудови математичної моделі реалізуються кваліфікованими фахівцями. Від успішності реалізації цих операцій залежать показники ефективності математичної моделі – ступінь універсальності, точність, економічність. Метою вивчення закономірностей процесів і явищ є визначення природи процесів, явищ і законів, яким вони підкоряються.

Однією з принципових проблем моделювання складних систем є проблема одночасного моделювання різних видів процесів. Проблема полягає в тому, що математичні схеми для моделювання різних видів процесів не сполучаються одна з одною, що не дозволяє отримати узагальнену модель складної системи, а також модель сполучення не надає відповідного опису змін, які є наслідком внутрішнього розвитку системи.

Розв'язанням проблеми побудови узагальненої моделі є розроблення універсальної математичної схеми на базі нової аутопойетичної парадигми, що дозволяє відображати особливості всіх видів процесів, які протікають у складній системі, та різних їх комбінацій.

Категорія аутопойетичної системи визначає складну систему як «мережу процесів виробництва (трансформації та руйнування), яка складається з компонентів, які виробляють компоненти, що: 1) через взаємодію та зміни регенерують та реалізують мережу процесів, які їх виробляють; 2) визначають систему як деяку єдність у просторі, в якому її компоненти існують» [17].

Згідно з аутопойетичною теорією, набір морфізмів, що визначають системну сутність, будемо називати організацією системи. Аутопойетична система повинна відтворювати свої власні компоненти для збереження своєї організації. Організація реалізується через взаємодію компонентів системи в фазовому просторі станів. Компонентні морфізми містять у собі

структуру системної єдності. При цьому структура жорстко не задає характер єдності системи, а лише визначає фазовий простір його існування, а якому вона знаходиться і піддається впливам з боку середовища.

У відповідності з теорією розрізняють два поняття – організація та структура системи, що являє базу для сортування описів системи на її абстрактні та конкретні аспекти. Організація інформаційної структури не задає властивості компонентів, які реалізують структуру як інформаційну систему, вона лише задає морфізми, які компоненти системи повинні генерувати, для конструювання системи як єдності [6]. Таким чином, організація інформаційної системи незалежна від властивостей компонентів, які її складають, які можуть бути будь-якими, а інформаційна система може бути реалізована множиною різних способів та множиною різних компонентів.

Однак динаміка поведінки інформаційної системи обмежується її конституцією, а зміни структури є компенсаторною поведінкою системи під впливом з боку середовища та інших систем. Зміни у віртуальному просторі можуть лише викликати зміни фазового стану системи, але не можуть визначити його, так як будь-який стан інформаційної системи, перш за все, визначається її власною організацією та структурою. В просторі станів інформаційної системи тільки структура системи визначає домен можливих морфізмів та діапазон нових форм, в рамках котрих вона може еволюціонувати, не втрачаючи своєї організації. Організація системи обмежує галузь можливих морфізмів системи лише тими морфізмами, в котрих аутопойетична система може приймати участь без втрати свого ядра ідентифікації. Так, у роботі [6] робиться висновок: щоб інформаційна система, яка реалізована у віртуальному просторі була працездатною довгий час, недостатньо лише створення її інформаційної структури, визначення наборів сервісів, протоколів та технологій для її підтримки. Важливою умовою її існування та життєздатності у віртуальному середовищі є підтримка її організації, збереження мережі морфізмів, які складають ядро ідентифікації та визначають систему як єдність.

Можна виділити три ключових властивості аутопойетичної системи: 1) автономія; 2) внутрішній поштовх; 3) самооновлення. Враховуючи ці особливості можна запропонувати універсальну модель для проектування складної інформаційної системи, яка реалізує наступні механізми:

- зміни стану складної системи під дією внутрішніх причин, що виникають у результаті взаємодії елементів системи між собою;
- прийому вхідного сигналу із зовнішнього середовища і зміни стану під дією цього сигналу;
- формування вихідного сигналу як реакції на зміну стану складної системи під впливом внутрішніх або зовнішніх причин.

Функціонування складної системи зводиться до виконання зазначених механізмів. Для розгляду механізмів припустимо, що в початковий момент часу t_0 складна система перебуває у стані z^0 , де z^0 – внут-

рішня точка замкнутої області Z у n -вимірному просторі станів системи.

У рамках механізму зміни стану під дією внутрішніх причин система переходить зі стану z^0 в інші стани $z_t \in Z$, що відповідають моментам часу $t > t_0$, здійснюючи при цьому рух $z(t)$.

Характер причин, що підтримують рух, не змінюється аж до виходу точки z_t на кордон замкнутої області Z . Нехай моментом часу виходу на кордон буде t^* , а станом $z^* = z_{t^*}$. Сукупність упорядкованих пар (t, z_t) для $t_0 < t < t^*$, тобто $\{(t, z_t) | t_0 < t < t^*\}$, являє собою фрагмент руху $z(t)$, відповідний інтервалу (t_0, t^*) . Для завдання цього фрагмента руху всередині області Z необхідно вказати співвідношення, що визначають значення z_t для $t \in (t_0, t^*)$, при відомих значеннях t_0 і z^0 .

У момент t^* стан системи z^* стрибкоподібно, миттєво змінюється, і система опиняється в стані $z' = z_{t^*+0}$, де $t^* + 0$ – момент часу, близький до t^* .

Вибір стану $z' \in Z$ реалізується випадково. Фрагмент руху, пов'язаний з переходом від точки (t^*, z^*) до точки $(t^* + 0, z')$ фазового простору, є стрибком стану, що обумовлений аутопойезисом системи. Крім цього, в момент t^* визначається вихідний сигнал $y_{t^*} = G^*(t^*, z^*)$, який залежить від t^* та z^* та відображає вплив зовнішнього середовища.

Із стану z' під дією внутрішніх причин система переходить в інші стани, здійснюючи нове переміщення всередині області Z , новий стрибок на новий рівень складності і т.д., що реалізує ітеративну властивість аутопойезису складної системи.

Вибір наступного стану $z'' \in Z$ здійснюється випадково. У цей момент крім стрибка стану формується і видається вихідний сигнал $y_{t^*} = \hat{G}(\hat{t}, \hat{z}, \hat{x})$. Далі

зі стану z'' система переходить в інші стани або під дією внутрішніх причин, або під впливом зовнішнього середовища.

Таким чином, процес функціонування складної системи, який відображається за допомогою універсальної моделі на основі аутопойетичної парадигми, складається з переміщень точки (t, z_t) всередині області (t, Z) , які можуть перериватися стрибками станів в опорні моменти часу (рис. 1).

Математично модель функціонування складної системи виражається:

- 1) рівнянням меж області Z ;
- 2) рівняннями руху точки z_t всередині області Z ;
- 3) співвідношеннями для розрахунку стрибка стану внаслідок внутрішньої організації або надходження вхідного сигналу із зовнішнього середовища;

4) співвідношеннями для розрахунку вихідних сигналів.

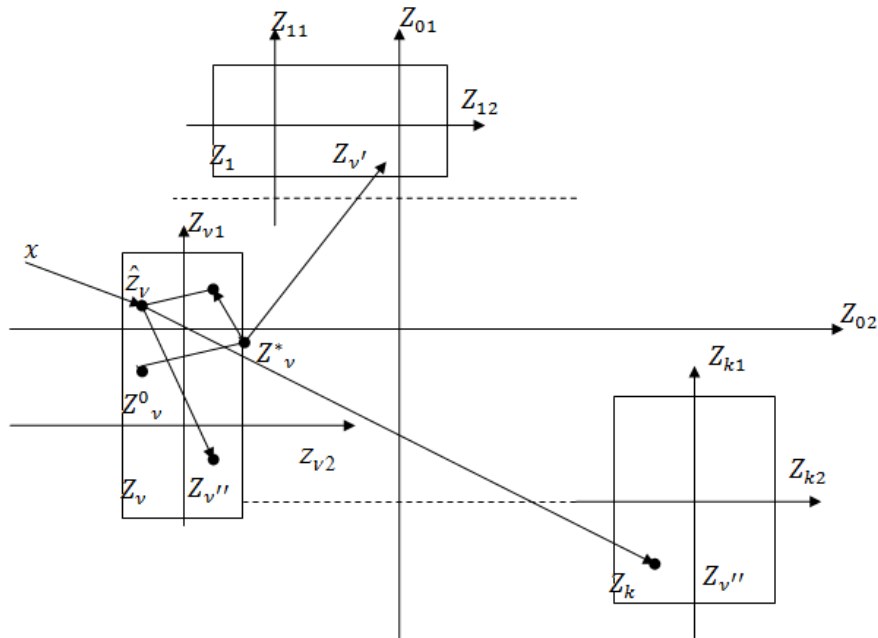


Рис. 1. Розподіл підмножин станів у двовимірному просторі

Будь-яка складна система, як правило, передбачає наявність великої кількості елементів, між якими встановлюються різноманітні зв'язки. По зв'язках у вигляді деяких сигналів передається інформація, яка використовується для функціонування як окремих елементів, так і для системи в цілому. Зв'язки забезпечують «міцність» системи і тому є важливим «будівельним матеріалом» для системи, який обов'язково повинен враховуватися при побудові моделі системи. Наявність зв'язків якраз і враховується в моделях сполучення.

В якості доповнення до основних доменів аутопоетичної системи в статті введено поняття інформаційний домен, який є описом інформаційних потоків. Структурне сполучення визначає структурно-детерміновану взаємодію системи із зовнішнім середовищем або іншою системою. Це еволюційний процес, який призводить до просторово-часового збігу фазових станів. Структурне сполучення визначає також координату систем та їх взаємну адаптацію. Цей процес еволюційного розвитку, рекурентних взаємодій двох або більше систем призводить до структурного сполучення. Термін означає структурний детермінізм системи, в рамках якого визначаються умови для з'єднання однієї топологічної структури з іншою у межах оточуючого зовнішнього середовища. Треба розглядати два типи структурного сполучення.

Системне сполучення з зовнішнім середовищем - це результат адаптації системи до зовнішнього середовища, що визначається через зміни станів системи в залежності від змін станів самого середовища. Цей процес описує взаємодію системи із середовищем, викликаючи рекурентні пертурбації системи, результатом яких є вибір структури, адаптованої до умов зовнішнього середовища, що змінюється. Отримана структура, з одного боку, дозволяє системі взаємодіяти із зовнішнім середовищем із можливими припустимими модифікаціями, а, з іншого боку, дозволяє

системі знаходитися у зовнішньому середовищі без власної дезінтеграції. Системне сполучення визначає пристосування системи до умов зовнішнього середовища через зміни її структури.

Системне сполучення з іншою системою визначає узгоджений структурний домен систем. Це домен станів, який встановлюється та визначається за допомогою онтогенетичних взаємодій між статичними станами систем. Сполучені системи є по відношенню одна до одної джерелами компенсаційних взаємодій. Такі взаємодії не порушують цілісність меж системи та не викликають змін зовнішнього середовища. При цьому структурно-сполучені системи мають незалежну історію структурних трансформацій та впливають на траєкторії одна одної в фазовому просторі еволюційного розвитку. При адаптації інформаційної системи у віртуальному середовищі відбувається структурне сполучення системи з середовищем, результатом чого є зміни станів системи, які відповідають змінам стану середовища та визначають область узгодженості в фазовому просторі. При взаємній адаптації двох або більш інформаційних систем результатом сполучення є узгоджена область в фазовому просторі інформаційних морфізмів.

Опис інформаційного середовища для складних систем проектування синтезується за допомогою інструментальних засобів та налагоджується із врахуванням конкретних вимог користувача. Ядром інструментальних засобів є база знань про проблемну область користувача та способи їх автоматизації. Інформаційне середовище утворюється з інформаційних об'єктів, які є по суті інформаційними моделями об'єктів матеріального світу. Функціональні характеристики задаються у вигляді семантичної мережі в базі знань. Кожен розділ бази знань визначає: групи властивостей, параметри налагодження, елементи проектування, параметричні ряди.

Таким чином в статті зроблена спроба розглянути базисні положення теорії аутопойезису з точки погляду застосування для проектування складних інформаційних систем. Важливою умовою існування та життєдіяльності інформаційної системи є підтримка її організації, збереження мережі морфізмів, які складають ядро ідентифікації та визначають її як системну єдність. Крім того, розширенням аутопойетичної теорії є визначення інформаційного домену для опису інформаційних потоків через рефлексію до станів та траєкторій еволюції інформаційного простору.

Висновки. Зростаюча складність систем та інформаційних процесів вимагає розроблення нових підходів щодо проектування інформаційних систем управління. Відповідно до теорії управління складними системами основним методом дослідження є моделювання. Враховуючи різноманітність концепцій та методів моделювання складних систем, як показано у

статті, цілком доцільним є впровадження сучасної концепції аутопойезису.

Аутопойетична парадигма враховує не тільки складність структури та міжкомпонентних зв'язків у складній системі, а також здатність системи до самопобудови на основі внутрішніх процесів, що призводить до стрибку системи на новий рівень розвитку. На основі проведеного дослідження в статті запропоновано універсальну модель функціонування складної системи, яка базується на основних принципах аутопойетичної концепції: 1) автономія; 2) внутрішній поштовх; 3) самооновлення.

Використання означеного підходу та запропонованої моделі для проектування інформаційних систем дозволить підвищити ефективність використання комп'ютерних інформаційних систем в умовах динамічного інформаційного простору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Макаров И. М. Целевые комплексные программы / И. М. Макаров, В. Б. Соколов, А. А. Абрамов. – М. : «Знание», 1980. – 135 с.
2. Месарович М. Общая теория систем и ее математические основы. Исследования по общей теории систем / И. М. Месарович. – М. : «Прогресс», 1969. – 321 с.
3. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного / Г. Николис, И. Пригожин. – М., Мир, 1990.
4. Матурана, Умберто Р. Древо познания: Биологические корни человеческого понимания. – М. : Прогресс-Традиция, 2001. – 223 с.
5. Финогеев А. Г. Моделирование и исследование системно-синергетических процессов в информационных средах: Монография, Пенза : Изд-во ПГУ, 2003. – 223 с.
6. Финогеев А. Г. Синергетика, аутопойезис и эволюция информационных процессов // Надежность и качество. Тез. докл. междунар. симпозиума. – Пенза : Изд. ПГУ, 2003. – С. 234–237.
7. Ansoff I., Bosnian A., and Storm P. Understanding and managing strategic change. – Amsterdam, 1982.
8. Бурков В., Новиков Д. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М. : Синтег, 1998. – 128с.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1993. – 278с.
10. Погромська Г. С., Махровська Н.А. Системний підхід та класифікація еволюціонуючих систем // Первый независимый научный Вестник. – № 1. – 2015. – С. 61–64.
11. Ларичев О. И. Качественные методы принятия решений / О. И. Ларичев, Е. М. Мовшович. – М. : Наука, 1996. – 268 с.
12. Чернавский Д. С. Синергетика и информация. Динамическая теория информации. – М. : Наука, 2001
13. Томашевский В. Н., Жданова Е. Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М. : Бестселлер, 2003. – 416 с.
14. Луман Н. Введение в системную теорию/ Пер. с нем. К. Тимофеева. // М., 2007
15. Харитоновна А.В. Взаимосвязь адаптации и адаптивного управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.uecs.ru>
16. Лавренчук Е. А. Аутопойезис социальных сетей в интернет-пространстве: автореферат дис. ... кандидата философских наук: 09.00.11. Место защиты: Рос. гос. гуманитар. ун-т (РГГУ). – Москва, 2011. – 20 с.
17. Maturana Humberto, Varela Francisco Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living // Boston Studies in the Philosophy of Science / Dordrecht: D. Reidel Publishing Co. – 1980. – Vol. 42.

А. С. Погромская,

Николаевский национальный университет имени В. А. Сухомлинского,
г. Николаев, Украина

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БАЗОВЫХ ПРИНЦИПОВ АУТОПОЙЕЗИСА

В статье рассмотрены проблемы проектирования сложных систем как актуальной задачи теории системотехники. Рассмотрены особенности информационных процессов в сложных системах и современные подходы учета растущей сложности систем на основе аутопойетичной концепции. Предложен подход моделирования сложных систем на основе определения базовых принципов аутопойезиса.

Ключевые слова: аутопойезис; сложная система; информационная система; модель; проектирование.

H. S. Pohromska,
V. A. Sukhomlinsky Mykolaiv National University,
Mykolaiv, Ukraine

THE COMPLEX SYSTEM MODELING BASED ON THE BASIC PRINCIPLES OF AUTOPOIESIS

The paper are considered the problems of complex systems design as an actual task of the systems engineering theory. Features of information processes in the complex systems and contemporary approaches of accounting of growing complexity of systems based on autopoiesis are considered. The approach of complex system modeling based on the main principles of autopoiesis is suggested.

Key words: autopoiesis; complex system; information system; model; design.

Рецензенти: д. т. н., проф. **М. Т. Фісун;**
д. т. н., проф. **І. І. Коваленко.**

© Погромська Г. С., 2016

Дата надходження статті до редколегії 16.11.16