

УДК 007:004.89

doi: 10.32620/reks.2020.1.01

С. І. ДОЦЕНКО

*Український державний університет залізничного транспорту, Україна***ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ: ПРИНЦИП ЕВРИСТИЧНОЇ САМООРГАНІЗАЦІЇ**

Метою даного дослідження є порівняння методів самоорганізації для двох форм кібернетичних систем, а саме: інтелектуальних систем на основі теорії функціональних систем, як організованих цілих; автоматизованих систем управління. Кожна з вказаних систем допускає поділ на дві частини. При цьому, для інтелектуальних систем проблема самоорганізації ставиться як проблема визначення принципу поєднання виділених частин в організоване ціле. Встановлено, що принципом такого поєднання є діалектичний зв'язок поміж результатами вирішуваних задач у кожній з частин. Діалектичний зв'язок реалізовано у формі діалектичної єдності понять «загальне» та «одиничне». Запропоновано розглядати цей принцип поєднання частин інтелектуальної системи як принцип евристичної діалектичної самоорганізації. В той же час, і для автоматизованих систем управління характерним є поділ системи на дві частини, а саме: людину-оператора; об'єкт управління. Однак, при такому підході кожна з вказаних частин розглядаються окремо. Тому для кожної з частин пропонується визначити власний принцип її самоорганізації. У ході дослідження було запропоновано перейти до встановлення принципу самоорганізації для частин інтелектуальної системи. При цьому, запропоновано змінити метод вирішення цієї задачі. Якщо для автоматизованих систем пропонується спочатку визначити характерні ознаки діяльності і для їх обробки запропонувати відповідну евристику, то для інтелектуальних систем пропонується визнати відомим принцип евристичної самоорганізації – діалектична єдність понять. Принцип діалектичної єдності понять «загальне» та «одиничне» пропонується застосовувати для дослідження механізмів самоорганізації діяльності з вирішення задач у відповідних частинах інтелектуальної системи. Першою обрано частину інтелектуальної системи в якій вирішується задача реалізації встановленого проекту майбутнього результату – технологічна діяльність. Важлива обставина, цю діяльність нами також поділено на організаційну й технологічну. Зрозуміло, що будь-який процес повинен бути організованим. Внутрішньо. Оскільки принцип евристичної самоорганізації нами вже обрано, залишилось встановити характерні ознаки для такої форми діяльності. Для розкриття змісту факторів для цієї форми діяльності нами обрано поняття «процес» та «ресурс». На основі цього були встановлені чотири форми факторів, а також сформовані діалектичні пари цих факторів, для яких встановлена архітектура моделі для факторного представлення проекту майбутнього результату діяльності. Досліджуючи технологічну діяльність з реалізації встановленого проекту майбутнього результату ми насправді вирішили задачу формування моделі проекту майбутнього результату який є результатом вирішення першої задачі і є основою для вирішення другої задачі. Слід також звернути увагу на те, що розробка інтелектуалізованих систем управління виробництвом для Індустрії 4.0 неможлива поза межами теорії інтелектуальних систем, яка в свою чергу ґрунтується на принципах евристичної самоорганізації.

**Ключові слова:** інтелект; дані; інформація; знання; технологія; система; кібернетика.

**Вступ**

В статтях [1-3] нами встановлено причини, які обумовили кризовий стан класичної кібернетики, а також наведено вирішення основних проблем, які були сформовані в класичній кібернетиці. До цих проблем належать:

- проблема *подібності* (еквівалентності) фізіологічних і кібернетичних систем [1];
- проблема визначення змісту *організуючого фактору* для фізіологічних систем і кібернетичних машин в «існуванні» [2];
- проблема визначення змісту принципу *функціональної самоорганізації* для фізіологічних систем і кібернетичних машин в «діяльності» [3].

В [3] вирішена проблема самоорганізації інтелектуальних систем, як організованих цілих, для *функціонального* представлення їх *діяльності*. Запропоновано у складі інтелектуальної системи виділяти *дві* складові частини, які вирішують відповідні задачі.

Перша частина вирішує задачу формування проекту майбутнього результату, а друга частина вирішує задачу реалізації встановленого проекту майбутнього результату. При цьому, згідно принципів діалектичної логіки Г. Гегеля, вказані задачі співвідносяться поміж собою як «загальне» та «одиничне» поняття [2]. Це положення розкриває зміст принципу *організації* інтелектуальної системи в

організоване ціле з його частин. Самоорганізація цих двох частин в організоване ціле реалізується через механізм забезпечення відповідності отриманого результату для встановленого проекту [3]. При такому підході принципово є неможливість поділу інтелектуальної системи на частини для їх окремого дослідження.

З іншого боку, при дослідженні проблеми прийняття рішень на основі самоорганізації в автоматизованих системах управління (кібернетичних системах), О. Г. Івахненком запропоновано у складі виробничих систем виділяти два елементи: людину і машини. Він відмічає [4, с. 79]:

«Автоматизація спрямована на те, щоб відсторонити людину від процесу управління. Це можливо здійснити двома способами. Перший пов'язаний з побудовою моделі об'єкту управління, другий – з побудовою моделі людини-оператора. Ясно, що якщо нам вдасться побудувати одну з вказаних моделей, то тоді можливо легко вирішити задачу автоматизації... Якій моделі надати перевагу? Очевидно, тій, яку простіше знайти. Це залежить від рівня впорядкованості (детермінізму) об'єкту.»

З наведеного опису підходів до моделювання самоорганізації слідує, що для інтелектуальної системи встановлено принцип її організації на основі відношень між вирішуваними задачами – діалектична єдність протилежностей. Для першого підходу також встановлено принцип самоорганізації спільної діяльності частин інтелектуальної системи через механізм забезпечення відповідності результатів їх діяльності.

Для другого підходу принцип самоорганізації спільної діяльності досліджено у роботі [1]. Показано, що при обґрунтуванні закону необхідної різноманітності, У. Р. Ешбі розглядає його з позиції виконання задач регулювання та управління. Для регулятора, який призначений для корекції зовнішньої дії, «закон необхідної різноманітності стверджує, що потужність  $R$  як регулятора не може перебільшувати пропускну здатність  $R$  як каналу зв'язку.»

В [1] сформульовано третю гіпотезу У. Р. Ешбі, згідно якої принципом самоорганізації діяльності для фізіологічних систем і кібернетичних машин на етапу реалізації цілі діяльності є принцип «передачі принаймні рівної кількості інформації».

Цей принцип можливим є розглядати саме як закон поєднання двох частин фізіологічної або кібернетичної систем, тобто він стосується також принципу організації системи в її «існуванні» [1].

Відмінність між розглянутими підходами полягає також у тому, що в теорії інтелектуальних систем окремо не досліджуються проблеми самоорганізації діяльності з вирішення задач в кожній з її частин, як організованого цілого. Натомість для другого підходу характерним є дослідження принципів самоорганізації для кожної з частин виробничої системи, а саме: з одного боку досліджуються принципи самоорганізації розумової діяльності людини [4, с. 49], а з іншого боку принципи самоорганізації процесів пошуку оптимальних рішень для об'єктів управління [4, с. 116].

У таблиці 1 наведено співставлення характерних ознак реалізації принципів самоорганізації для досліджуваних систем.

Таблиця 1

Співставлення характерних ознак принципів самоорганізації для досліджуваних систем

Ознаки відмінності	Форма системи	
	Інтелектуальна система	Автоматизована система
Перша ознака – принцип відношень між частинами системи	принцип відношень між вирішуваними задачами – діалектична єдність протилежностей понять «загальне» – «одичне»	принцип відношень між частинами системи – принцип передачі принаймні рівної кількості інформації (У. Р. Ешбі)
Друга ознака – принцип самоорганізації спільної діяльності частин системи	принцип самоорганізації діяльності – самоорганізація спільної діяльності частин інтелектуальної системи через механізм забезпечення відповідності результатів їх діяльності	принципи самоорганізації спільної діяльності: – автоматичною зміною знаку зворотного зв'язку (фізіологічні системи) (У. Р. Ешбі); – принцип передачі принаймні рівної кількості інформації (У. Р. Ешбі); – закон адекватності (О. Г. Івахненко); – закон зовнішнього доповнення (С. Бір)
Третя ознака – принципи самостійної самоорганізації частин системи	окремо не досліджуються проблеми самоорганізації діяльності з вирішення задач в кожній з її частин, як організованого цілого	дослідження принципів самоорганізації для кожної з частин виробничої системи на основі евристик

Слід зауважити, що запропонований О.Г. Івахненком метод групового врахування аргументів, який був опублікований англійською мовою у 1970 році у роботі [5] та у 1976 році у монографії [4] отримав свій подальший розвиток у ряді сучасних публікацій [6-9]. В цих роботах увага зосереджена на подальшому розвитку методу групового врахування аргументів і не піддається аналізу власне метод евристичної самоорганізації. Слід також відзначити роботи [10-12] у яких евристика розглядається як наука.

До недоліку підходу до дослідження самоорганізації *інтелектуальних систем* слід віднести ігнорування необхідності дослідження принципів самоорганізації для кожної з її частин.

До недоліку підходу до дослідження самоорганізації *автоматизованої системи* управління слід віднести відсутність *конкретних механізмів* реалізації вказаних принципів самоорганізації *спільної* діяльності. В той же час, ця задача вирішена для інтелектуальних систем. Її результати відносяться також і до автоматизованих систем управління [3].

**Метою** дослідження є визначення принципів *самоорганізації* діяльності з вирішення задач в кожній з частин *інтелектуальної системи*, як організованого цілого, на основі евристик, як це пропонується для систем автоматизованого управління.

Перейдемо до аналізу принципів формування систем *евристичної* самоорганізації.

## 1. Аналіз принципу формування систем евристичної самоорганізації

Згідно О. Г. Івахненка системи евристичної самоорганізації визначаються наступним чином [4, с. 50]:

«Третій напрямок <кібернетики> полягає в моделюванні законів еволюції та селекції, які спостерігаються у природі. Системи (програми) евристичної самоорганізації визначаються як системи, в яких знаходяться генератори випадкових комбінацій (гіпотез) та декілька рядів селекції корисної інформації. Складність комбінацій від рядка до рядка зростає, а точність рішення зростає до тих пір, поки не буде одержаний оптимальний по складності алгоритм переробки інформації, який відповідає мінімуму доцільно обраного критерію селекції.»

Отже, система евристичної самоорганізації згідно О.Г. Івахненку забезпечує вирішення задачі пошуку «оптимального по складності алгоритму переробки інформації» на основі законів *селекції*. Окрім того, самоорганізація стосується діяльності з

*переробки інформації*. При цьому, склад та зміст оброблюваної інформації невідомий. Натомість відомі задачі, які необхідно вирішувати з застосуванням цієї інформації, а саме: *розпізнавання образів* та вибору *правильної гіпотези* при прийнятті рішень [4, с. 66].

Основними елементами такої системи є:

- генератори випадкових комбінацій (гіпотез);
- ряди селекції корисної інформації.

Щодо змісту поняття «евристична самоорганізація» О. Г. Івахненко зауважує [4, с. 78]:

«Система евристичної самоорганізації схожа на багатощаровий пиріг: в ній евристичні самовідбори корисної інформації перемижуються з математичною обробкою даних декілька разів за схемою «евристика – обробка – евристика – обробка – евристика і т.д.»»

Евристичні самовідбори корисної інформації необхідно ототожнювати з *генераторами* випадкових комбінацій (гіпотез), евристик. Нажаль, однозначного визначення моделі генератора евристик не запропоновано.

Однак, слід звернути увагу на наступну обставину. Досліджуючи компоненти процесу мислення, а саме, творчий компонент мислення у формі генератора евристик, О. Г. Івахненко [4, с. 67] відмічає, що:

«Факторний аналіз дозволяє знайти «фактори» – величини, які визначають сутність різних образів. Отримавши за допомогою машини фактори та знаючи їх розмірність, людина легко може здогадатися про природу нових ознак, які необхідно ввести у розпізнавання, щоб зробити його більш точним та швидким. Людині залишається найприємніша (та найважливіша) частина процесу – генерування нової вдалої евристики, а факторний аналіз допомагає легко та просто знаходити нові вельми ефективні ознаки.»

Тобто, ставиться задача *мінімізувати* участь людини в генерації евристик через генерацію машинною випадковою множиною ознак (факторів).

Як зауважує О.Г. Івахненко «звернемо увагу на те, що машина вибирає ознаки з *заданої множини*» [4, с. 67]. Заданої саме людиною. Але ж не обов'язково покладатися на машину при виявленні та аналізі факторів. Людина також може вирішувати цю задачу. При цьому, людина може не лише вказати склад та зміст ознак, «які визначають сутність різних образів» (факторів), а й встановити *нову форму* відношень між ними.

Отже, пропонується дослідити принцип формування системи евристичної самоорганізації з застосуванням *генерації факторів* та відповідних евристик саме людиною.

## 2. Аналіз принципу евристичної самоорганізації для інтелектуальної системи

Для цієї системи нами виділено дві частини, в яких вирішуються відповідні задачі. Пропонується ці задачі розглядати як *характерні ознаки* вказаних частин, їх ідентифікуючі *фактори*. Тоді принцип їх поєднання на основі *діалектичного* відношення понять «загальне» та «одиничне» можливо розглядати як *евристику*, яка розкриває зміст принципу *евристичної діалектичної самоорганізації* інтелектуальної системи, як організованого цілого в «існуванні».

Як показав аналіз змісту стандарту ISO 80000-2: 2009, в алгебрі відношень *відсутнє* бінарне діалектичне відношення для множин та / або їх елементів у формі діалектичних відносин «загальне»  $\triangleright$  «одиничне» і знак, що його позначає [13].

В [14] наведено визначення змісту знаку, який позначає вказане відношення:

«Знак *діалектичної єдності* « $\triangleright$ » – це знак звичайного реляційного відношення, за допомогою якого *поняття* про одиничний об'єкт чи одиничний фактор діяльності *поєднується* з *поняттям* про клас (множину) таких об'єктів чи «загальних» факторів його діяльності. При цьому, під поняттям про клас об'єктів, чи «загальних» факторів його діяльності ми розуміємо *знання* про одиничні об'єкти, які певним чином сформовані шляхом *розумової смислової* діяльності як загальні поняття.»

Цей знак забезпечує формальний математичний запис бінарного реляційного відношення, яке відсутнє у алгебрі відношень. Визначення ролі цього відношення для теорії множин потребує додаткового дослідження і може бути завданням для наступної статті.

Щодо належності евристик до предмету математики О. Г. Івахненко зауважує [15, с. 378]:

«Самоорганізація повинна бути пов'язана з евристичними – здогадками про доцільність тієї чи іншої дії... . Евристики – це рішення, пов'язані з бажаннями споживача результатів рішення задачі, з факторами його мотивації. Вони не належать ні до предмету ні до компетенції математики, і отже, ніяке вдосконалення математичного апарату не може їх замінити або зрівнятися з ними за дією .... Тому точність евристичних методів виявилася незрівнянно вище точності найдосконаліших і загальних математичних методів, що використовують специфічні (детерміністські) підходи».

Однак, для визначеної евристики (*діалектичної єдності* понять «загальне» та «одиничне») можливим є формальний *математичний* опис відношень між факторами, які розкривають сутність дослі-

джуваного об'єкту. Тобто, теза про те, що евристики «не відносяться ні до предмету, ні до компетенції математики, і отже, ніяке вдосконалення математичного апарату не може їх замінити, чи зрівнятися з ними по дії» [16, с. 23] може бути *спростована* стосовно щонайменше для принципу *евристичної діалектичної самоорганізації* інтелектуальної системи в її «існуванні».

Виникає питання, чи можливо поширити вказаний принцип евристичної діалектичної самоорганізації інтелектуальної системи, як організованого цілого, на опис діяльності її частин?

## 3. Розвиток принципу евристичної діалектичної самоорганізації для інтелектуальної системи

### 3.1. Задачі та евристики

Для відповіді на поставлене питання необхідно вирішити наступні задачі, а саме:

– чи може бути самоорганізованою на основі принципу *евристичної діалектичної самоорганізації* діяльність з *формування* проекту майбутнього результату (задача 1);

– чи може бути самоорганізованою на основі принципу *евристичної діалектичної самоорганізації* діяльність *по реалізації* встановленого проекту майбутнього результату (задача 2).

Яку з цих задач вирішувати першою? Як зауважував О.Г. Івахненко «якій моделі надати перевагу? Очевидно, тій, яку простіше знайти.» Але, як визначити, яка з них простіша?

Дослідження аспекту вимоги простоти моделі виконано у роботі [17].

На перший погляд, діяльність з *реалізації* встановленого проекту майбутнього результату є більш простою й зрозумілою. Адже, для її реалізації достатньо вказати *процеси*, які необхідно реалізувати й визначити *ресурси* які необхідні для їх реалізації. Однак для кожного встановленого проекту результату цей *набір* процесів та ресурсів буде єдино можливий. З іншого боку *факторами* для «образу» [4, с. 67] цієї задачі (евристики) є поняття «процес» та «ресурс». Але яка форма відношень між цими факторами може бути встановлена? Тобто, яку форму евристики слід обрати з трьох запропонованих О.Г. Івахненком [4, с. 81], а також встановленої нами:

– перша евристика – вибір елементарних алгоритмів;

– друга евристика – вибір критеріїв оцінки та алгоритмів їх зміни;

– третя евристика – вибір інтегральних дій та схеми їх здійснення;

– четверта евристика – діалектична самоорганізація для понять «загальне»  $\gg$  «одиничне»?

Слід зауважити, що четверта евристика є конкретним варіантом реалізації для третьої евристики. Адже ця евристика також поєднує (інтегрує) в єдине діалектичне ціле відповідні фактори.

Для її реалізації необхідне вміння поділяти фактори за їх змістом на «загальні» та «конкретні». Для цього достатньо розуміння того, що формування загальних понять є результатом розумової діяльності, а формування конкретних понять пов'язане з відображенням у свідомості характеристик та властивостей конкретних об'єктів чи дій у фізичному оточуючому середовищі.

Для третьої так і для четвертої форм евристик постає питання, як здійснювати вибір інтегральних дій та схеми їх здійснення, тобто, як *інтегрувати* в єдиній евристичній фактори у формах «процес» та «ресурс». Нажаль, нам не відомі склад та зміст (виміри) факторів «процес» та «ресурс». А отже, ми не можемо й встановити принцип відношень поміж ними.

В той же час, для задачі формування проекту майбутнього результату слід звернути увагу на наступну обставину. В теорії функціональних систем (фізіологічній кібернетиці) проект майбутнього результату визнається *системоформуючим фактором* для функціональної системи. Його формування здійснюється на основі *центральної закономірності інтегративної діяльності мозку* [18].

Постає задача більш детального дослідження змісту третьої та четвертої форм евристик, а також змісту центральної закономірності інтегративної діяльності мозку.

### 3.2. Аналіз принципу евристичного самоорганізації у формі інтегральних дій (треть евристика)

Зміст поняття «евристика» О. Г. Івахненко розкриває наступним чином [16, с. 23]:

«Справа в тому, що евристики розуміються детерміністами просто як необгрунтовані рішення, що призводять до практично достатніх (але не найкращих!) результатів. На щастя, це не так. Насправді евристики – це головним чином рішення, що призводять до підвищення точності. Такими рішеннями є, наприклад, вибір вихідної безлічі ознак, вибір критеріїв відбору корисної інформації та організація перцептронної структури, що дозволяє багаторазово посилити інтегральну дію евристичних критеріїв на потік інформації... Мабуть, тому перцептрон як система, здійснююча інтегральні впливи і само від-

бір корисної інформації, при підвищенні з ряду в ряд її складності, до сих пір не зрозуміла.»

Згідно О. Г. Івахненку зміст інтегрального впливу в технічній кібернетиці визначається наступним чином [16, с. 16]:

«Інтегральний вплив можна визначити як такий, який не використовує інформацію про стан кожного елемента складної системи окремо, а вибирається за сумарним результатом дії на безліч елементів. ... Порогові само відбори це найпростіша форма інтегрального впливу.»

Конкретна реалізація інтегральних впливів реалізується у формі порогових самовідборів у відповідних моделях штучних нейронів [19]. При цьому, нейрон моделюється у формі суматора (рис. 1).

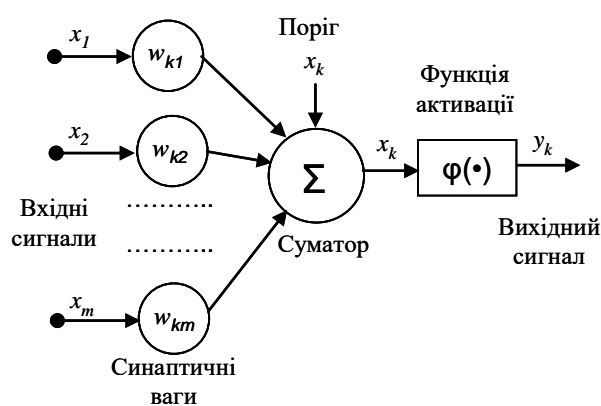


Рис. 1. Нелінійна модель нейрону

З наведеного слідує, що *інтегральний* вплив здійснюється на виходи всіх нейронів у формі порогового самовідбору. При цьому, вхідні сигнали в нейроні піддаються *сумуванню* з відповідними ваговими коефіцієнтами

$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j, \quad (1)$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k), \quad (2)$$

де  $x_1, x_2, \dots, x_m$  – вхідні сигнали;

$w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$  – синаптичні ваги нейрону  $k$ ;

$u_k$  – лінійна комбінація вхідних впливів (linear combiner output);

$b_k$  – поріг;

$\varphi(\bullet)$  – функція активації (activation function);

$y_k$  – вихідний сигнал нейрону. Використання порога  $b_k$  забезпечує ефект афінного перетворення (affine transformation) виходу лінійного суматора  $u_k$ .

#### 4. Аналіз принципу інтеграції чотирьох форм збуджень для моделі природного нейрона

П. К. Анохін відзначає [18, с. 49–50]:

«Ми запропонували чотири вирішальних компонента аферентного синтезу, які повинні бути піддані обробці з одночасною взаємодією на рівні окремих нейронів: домінуюча на даний момент мотивація, обстановочна аферентація, також відповідна даному моменту пускова аферентація і, нарешті, пам'ять...»

Основною умовою аферентного синтезу є одночасна зустріч всіх чотирьох учасників цієї стадії функціональної системи ...»

Своєрідність полягає в тому, що цей синтетичний процес, якщо його віднести до масштабів нейрона, відбувається на основі центральної закономірності інтегративної діяльності мозку, а саме, на основі конвергенції збуджень на одному і тому ж нейроні...»

Таким чином, аферентний синтез, що приводить організм до вирішення питання, який саме результат повинен бути отриманий в даний момент, забезпечує постановку мети, досягненню якої і буде присвячена вся подальша логіка системи.

Неважко бачити, що аферентний синтез, який є абсолютно необхідним етапом формування функціональної системи, містить все необхідне для постановки мети, яка так довго лякала дослідника - матеріаліста і так довго перебувала в неподільному володінні ідеалізму».

Проблема ускладнюється тим, що згідно теорії функціональних систем [18]:

«...жодна з тисяч математичних моделей нейрона абсолютно не відображають справжні особливості нейрона і ні на один крок не просунулися вперед наші знання про дійсні закони його функціонування».

З наведених цитат слідує, що діяльність природного нейрона також заснована на *інтегральному впливі* на потік вхідних сигналів. Але цей вплив реалізується зовсім по іншому. Вихідним сигналом для штучного нейронну є значення функції  $u_k$ , а для природного нейрона це *елемент* проекту майбутнього результату діяльності. На виході *штучної* нейронної мережі отримуємо значення функції, а на виході *природної* нейронної мережі проект майбутнього результату діяльності. Ось у чому полягає різниця для штучних та природних нейронних мереж.

Отже, зміст інтегрального впливу на потік інформації для моделей штучного та природного нейронів різний, а тому різним є й результат цієї дії.

Особливості для природного нейрона полягають в тому, що:

– визначеною є кількість форм сигналів – їх всього *чотири*;

– визначеним є *зміст* кожної з форм сигналів (домінуюча на даний момент мотивація, обстановочна аферентація, також відповідна даному моменту пускова аферентація і, нарешті, пам'ять);

– не визначеною є форма відношень поміж цими сигналами, яка забезпечує їх одночасну інтеграцію (конвергенцію) з наступним формуванням проекту майбутнього результату.

Можливі наступні шляхи встановлення цієї форми відношень, а саме:

– пізнання фізичних, фізико-хімічних процесів діяльності природного нейрона;

– пошук наступного евристичного принципу, який би пояснював як чотири визначених форми вхідних сигналів (факторів) перетворюються у проект майбутнього результату.

Перший шлях вирішення задачі належить до предметної області теорії вищої нервової діяльності і в даному дослідженні не розглядається.

Для другого шляху нам *невідомо* форма цього проекту, який надходить з мозку. Тобто, нам відома умова задачі (чотири вхідні сигнали), але невідомий оператор задачі (евристичний принцип їх самоорганізації) й невідоме рішення цієї задачі – форма проекту результату. В той же час, нам відомий принцип евристичної діалектичної самоорганізації на основі принципу діалектичних відносин «загальне» та «одичине» (четверта форма евристики). Відомі також форми факторів для діяльності з отримання встановленого проекту діяльності: – «процес» та «ресурс».

Необхідно вирішити дві задачі, а саме:

– дослідити можливість застосування четвертої форми евристики для інтеграції факторів «процес» та «ресурс»;

– дослідити можливість застосування четвертої форми евристики для інтеграції факторів: домінуюча мотивація, обстановочна аферентація, пускова аферентація і пам'ять.

Оскільки для інтелектуальної системи, як організованого цілого, результат цілісної діяльності полягає у забезпеченні відповідності отриманого результату встановлену, тоді залишається вирішити задачу співставлення факторів «процес» та «ресурс» з факторами: домінуюча мотивація, обстановочна аферентація, пускова аферентація і пам'ять.

Для такого підходу прийнята наступна гіпотеза: – якщо цілісна діалектично організована технологічна діяльність природної інтелектуальної системи реалізується з застосуванням визначених вище понять «фактор» та «процес», тоді й мозок людини

повинен формувати *проект майбутнього результату діяльності* для відповідного моменту часу на основі застосування саме цих понять [14, с. 141].

### 5. Інтеграція факторів діяльності «процес» та «ресурс» з застосуванням четвертої форми евристики

Отже, на вхід технологічної діяльності, як процесу, надходить проект майбутнього результату. Виникає питання, у якій формі може бути представлений цей проект? Для відповіді не це питання необхідно з'ясувати умови реалізації технологічної діяльності.

Для цього розглянемо результати дослідження зв'язку між сутностями «процес» та «діяльність», які наведено у роботі [20]. На рисунку 2 наведено структурну схему, яка розкриває взаємозв'язок поміж сутностями «процес» та «діяльність».

На рисунку 3 представлено структурну схему сутності «процес».

Згідно схеми (див. рис. 2) можливим є встановлення відношень поміж:

– представленням результату діяльності організованого цілого та результатом реалізації процесу – у формі 1-го Принципу відношень;

– результатами діяльності частин організованого цілого по вирішенню двох задач у формі

2-го Принципу відношень.

Зміст встановлених форм відношень буде визначено нижче.

Згідно структурної схеми для сутності «процес» (рис. 3), перш за все, виділяється традиційна форма функціонального (причинно-наслідкового) зв'язку поміж вхідними ресурсами та вихідними результатами у формі:

$$Y(t) = F(X(t)). \quad (3)$$

Однак, окрім вказаної форми зв'язку для процесу можливим є встановлення додаткових форм. Так, поміж проектом майбутнього результату та вихідним результатом реалізації процесу можуть бути додатково встановлені дві форми відношень, а саме:

- причинно-наслідковий зв'язок (3-й принцип відносин);
- 2-й принцип відношень (згідно рис. 2);
- 4-й принцип відношень поміж проектом майбутнього результату з одного боку та процесами з іншого боку.

Виникає задача встановлення змісту сформованих принципів відношень для сутності «процес». Особливо нас цікавить 4-й принцип відносин тому, що проект майбутнього результату може бути сформованим на основі знань про *процеси*, які необхід-

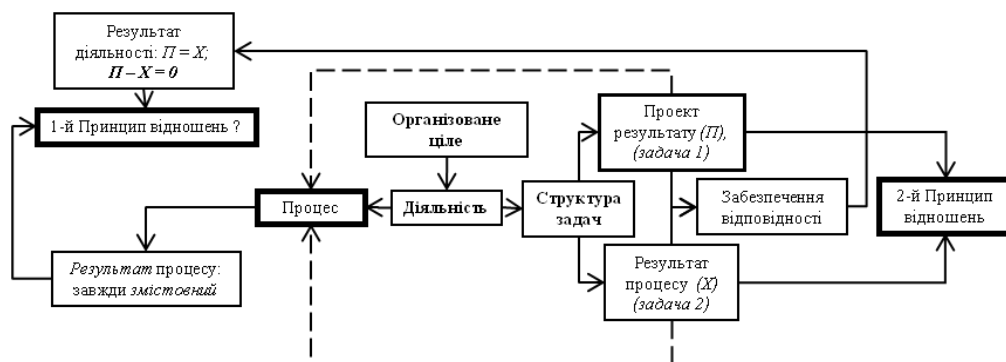


Рис. 2. Взаємозв'язок поміж сутностями «процес» та «діяльність»

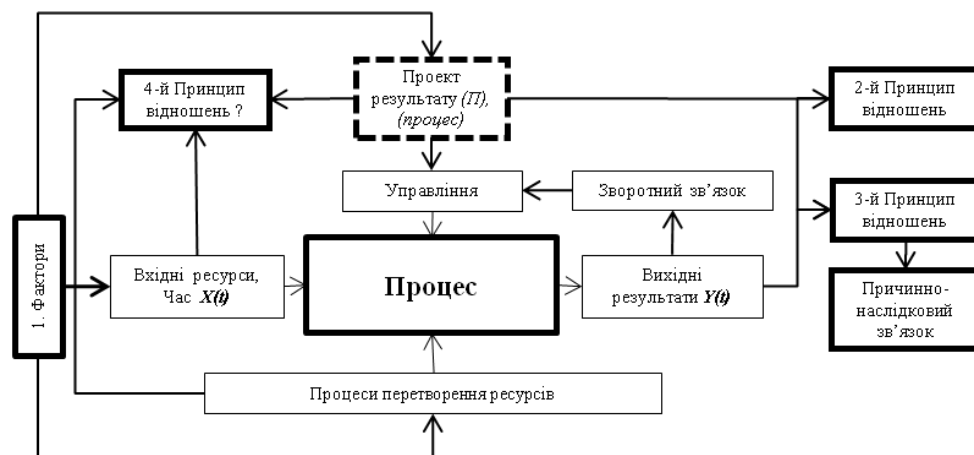


Рис. 3. Структурна схема сутності «процес»

но реалізувати та *ресурси*, які необхідно залучити для їх реалізації.

У методології цілісного підходу до дослідження діяльності, яка розвивається у даному дослідженні, діяльність визначається як *структура задач*, які вирішуються природною інтелектуальною системою. Вирішення цих задач реалізується у формі відповідних організаційних та технологічних *діяльностей*. Реалізація цих діяльностей можлива за умови застосування відповідних *організаційних та технологічних* факторів. До таких факторів відносяться процеси, які необхідно реалізувати та ресурси, які необхідні для їх реалізації.

Легко бачити, що можливо сформулювати наступні пари факторів, а саме:

- процесні фактори організаційної діяльності – процесні фактори технологічної діяльності;
- ресурсні фактори організаційної діяльності – ресурсні фактори технологічної діяльності.

О. Г. Івахненко пропонував отримувати за допомогою машини фактори та визначати їх розмірність [4, с. 67]. Як бачимо, визначення вказаних пар факторів потребувало досліджень в області теорії діяльності

для інтелектуальних систем. Ставити задачу проведення такого дослідження перед машиною можливо, але для цього необхідно навчити її «мислити» *діалектично*. Сучасні обчислювальні машини цьому не навчені.

О. Г. Івахненко також передбачав, що: людині залишається найприємніша (та найважливіша) частина процесу – генерування нової вдалої евристики, а факторний аналіз допомагає легко та просто знаходити нові вельми ефективні ознаки [4, с. 67].

Як бачимо, факторний аналіз не легко і не просто забезпечив знаходження «нових вельми ефективних ознак». Тепер перед людиною постає задача «генерування нової вдалої евристики». З іншого боку, нам вже відомі чотири форми евристик. Виникає питання яку з чотирьох визначених евристик можливо застосувати до встановлених пар факторів?

Для цього спочатку дослідимо більш детально зміст понять «фактор» та «ресурс».

Якщо співставити переклади понять:

- «фактор» – діє;
- «ресурс» – витрачається,

тоді вираз: «ресурсні фактори» дослівно переводиться, як – витрачаються <під час> дії, а вирази:

- ресурсні фактори організаційної діяльності – витрачаються, коли реалізується організаційна діяльність;
- ресурсні фактори технологічної діяльності – витрачаються, коли реалізується технологічна діяльність, мають зрозумілий однозначний зміст.

Аналогічним чином пропонується застосовува-

ти поняття «фактор» для організаційних та технологічних *процесів* [20].

Якщо співставити переклади понять:

- «фактор» – діє;
- «процес» – реалізується,

тоді вираз: «процесні фактори» дослівно переводиться, як – реалізується <в> діяльності, а вирази:

- процесні фактори організаційної діяльності – реалізується, коли діє організаційна діяльність;
- процесні фактори технологічної діяльності – реалізується, коли діє технологічна діяльність, мають зрозумілий однозначний зміст.

В запропонованому підході до моделювання діяльності підприємства пропонуються конкретний зміст понять ресурсні та процесні фактори в термінах діалектики визначати наступним чином [20]:

- ресурсні фактори організаційної діяльності (РФOD) – (загальне);
- ресурсні фактори технологічної діяльності (РФТD) – (одиничне);
- процесні фактори організаційної діяльності (ПФOD) – (загальне);
- процесні фактори технологічної діяльності (ПФТD) – (одиничне).

Узагальнюючи результати дослідження поняття «фактор», необхідно надати математичні співвідношення встановлених закономірностей.

Діалектичну єдність ресурсних факторів організаційної та технологічної діяльності можливим є представити у наступній формі [20]:

$$\text{РФOD} \supset \text{РФТD}, \quad (4)$$

а діалектичну єдність процесних факторів організаційної та технологічної діяльності можливим є представити у наступній формі [20]:

$$\text{ПФOD} \supset \text{ПФТD}. \quad (5)$$

Оскільки як процесні, так і ресурсні фактори реалізується одночасно, тоді поміж ними повинен бути встановлений відповідний зв'язок. Зрозуміло, що реалізація будь-якого процесного фактора вимагає застосування як технологічних, так і ресурсних факторів. Тоді їх зображення на площині має однозначне представлення, як це показано на рисунку 4.

Згідно [21, с. 131] основною властивістю факторизації простору пошуку рішення задачі в теорії діалогових систем є те, що простір називається факторизованим, якщо він розбивається на підпростори (класи), які не перетинаються частковими (неповними) рішеннями. Модель факторного представлення проекту майбутнього результату діяльності відповідає вказаній вимозі.

З цієї моделі для факторів діяльності стає зрозумілим, що поміж процесними та ресурсними факторами існують причинно-наслідкові зв'язки, які



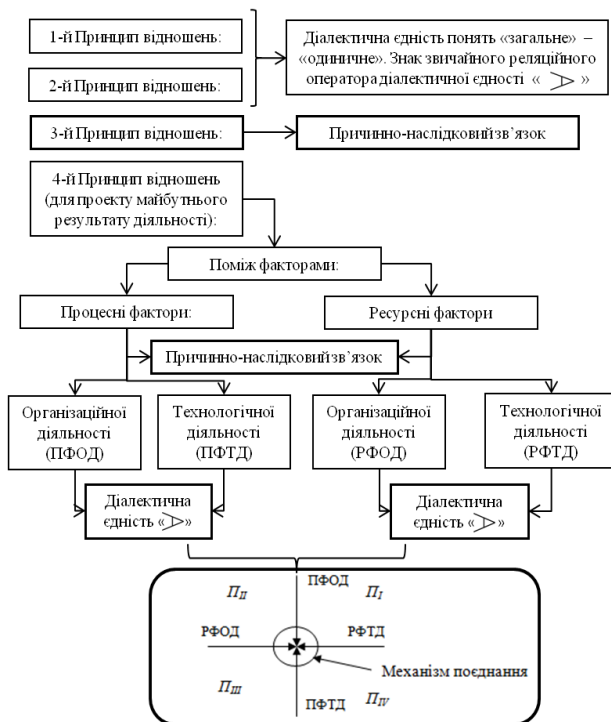


Рис. 4. Архітектура моделі для факторного представлення проекту майбутнього результату діяльності

можуть бути описані у формі декартових добутків, а саме [20]:

$$П_I \subseteq \text{ПФОД} \times \text{РФТД}, \quad (6)$$

$$П_{II} \subseteq \text{ПФОД} \times \text{РФОД}, \quad (7)$$

$$П_{III} \subseteq \text{ПФТД} \times \text{РФОД}, \quad (8)$$

$$П_{IV} \subseteq \text{ПФТД} \times \text{РФТД}. \quad (9)$$

На основі цієї архітектури моделі для факторного представлення проекту майбутнього результату діяльності можливо є розробка її математичної моделі на основі положень формальної теорії до математичного опису моделей [22].

Для цього достатньо елементи моделі (фактори) інтерпретувати як *алфавіт*  $B_a$ , а діалектичні відношення у формі «загальне»  $\supset$  «одиничне» та у формі декартового добутку ( $\times$ ) розглядати як елементи кінцевої множини відношень  $R_a$ .

Математична модель такої архітектури має наступний запис [22, с. 22]

$$S_a = \langle B_a, R_a \rangle. \quad (7)$$

Зміст елементів множини алфавіту  $B_a$  у формі факторів визначається згідно рис. 4.

Отже, нам вдалося для другої задачі сформуванню архітектуру моделі для факторного представлення проекту майбутнього результату.

## Заключення

Метою даного дослідження є порівняння методів самоорганізації для двох форм кібернетичних систем, а саме:

- інтелектуальних систем на основі теорії функціональних систем, як організованих цілих;
- автоматизованих систем управління.

Кожна з вказаних систем допускає поділ на дві частини. При цьому, для інтелектуальних систем проблема самоорганізації ставиться як проблема визначення принципу поєднання виділених частин в організоване ціле. Встановлено, що принципом такого поєднання є діалектичний зв'язок поміж результатами вирішуваних задач у кожній з частин. Діалектичний зв'язок реалізовано у формі діалектичної єдності понять «загальне» та «одиничне». Запропоновано розглядати цей принцип поєднання частин інтелектуальної системи як принцип *евристичної діалектичної самоорганізації*.

В той же час, і для автоматизованих систем управління характерним є поділ системи на дві частини, а саме:

- людину-оператора;
- об'єкт управління.

Однак, при такому підході кожна з вказаних частин розглядаються окремо. Тому для кожної з частин пропонується визначати власний принцип її самоорганізації. Основним об'єктом самоорганізації для кожної з частин розглядається *потік інформації*, який породжується діяльністю відповідної частини. Метою такої самоорганізації є визначення оптимальних параметрів, прийняття яких забезпечує реалізацію відповідного процесу в штучній нейронній мережі, або ж при реалізації відповідного технологічного процесу. При такому підході для потоків інформації кожної з частин автоматизованої системи управління ведеться пошук власного принципу евристичної самоорганізації. Пропонується навіть формувати генератор евристик, який би забезпечував виявлення характерних ознак (образів) для даного потоку інформації й надавав можливості людині формувати відповідну евристику.

Так, для перцептрона таким принципом евристичної самоорганізації потоку інформації є принцип інтегральної дії на основі законів селекції.

Нажаль, такий підхід не забезпечує встановлення принципу *евристичної самоорганізації* частин автоматизованої системи управління в організоване ціле. Така задача навіть не ставиться. В той же час, відомі принципи самоорганізації *спільної* діяльності таких частин (див. табл. 1):

- автоматичною зміною знаку зворотного зв'язку (фізіологічні системи) (У. Р. Ешбі);
- принцип передачі принаймні рівної кількості

інформації (У. Р. Ешбі);

- закон адекватності (О. Г. Івахненко);
- закон зовнішнього доповнення (С. Бір).

Але вони не розглядаються як евристики. Найбільш досконалим є закон адекватності. Він встановлює співвідношення між «чорними ящиками», які вводяться до складу об'єкту управління та перед управляючою системою. Задача розкриття механізму діяльності цих «ящиків» не ставиться. Нажаль.

У ході дослідження було запропоновано перейти до встановлення принципу самоорганізації для частин інтелектуальної системи. При цьому, запропоновано змінити метод вирішення цієї задачі. Якщо для автоматизованих систем пропонується спочатку визначити характерні ознаки діяльності і для їх обробки запропонувати відповідну евристику, то для інтелектуальних систем пропонується визнати відомим принцип евристичної самоорганізації – діалектична єдність понять. Принцип діалектичної єдності понять «загальне» та «одиничне» пропонується застосовувати для дослідження механізмів самоорганізації діяльності з вирішення задач у відповідних частинах інтелектуальної системи.

Першою обрано частину інтелектуальної системи в якій вирішується задача реалізації встановленого проекту майбутнього результату – технологічна діяльність. Важлива обставина, цю діяльність нами також поділено на організаційну й технологічну. Зрозуміло, що будь-який процес повинен бути організованим. Внутрішньо. Оскільки принцип евристичної самоорганізації нами вже обрано, залишилось встановити характерні ознаки для такої форми діяльності. Для розкриття змісту факторів для цієї форми діяльності нами обрано поняття «процес» та «ресурс». На основі цього були встановлені чотири форми факторів, а також сформовані діалектичні пари цих факторів, для яких встановлена архітектура моделі для факторного представлення проекту майбутнього результату діяльності (див. рис. 4).

Досліджуючи технологічну діяльність з реалізації встановленого проекту майбутнього результату ми насправді вирішили задачу формування моделі проекту майбутнього результату який є результатом вирішення першої задачі і є основою для вирішення другої задачі. Парадоксальна ситуація. Поза власної волі ми спробували зазирнути в «чорні скриньки».

Отже, для другої задачі нами встановлені входні дані (у формі проекту майбутнього результату), а для першої задачі нами встановлені, як входні дані (центральна закономірність інтегративної діяльності мозку), так і вихідні дані (у формі проекту майбутнього результату).

Прийшов час перейти до розгляду першої задачі, яка вирішується інтелектуальною системою, як

організованим цілим. Необхідно дати відповідь на питання, як співвідносяться визначені фактори з факторами, які піддаються одночасній обробці згідно центральній закономірності інтегративної діяльності мозку, а саме: домінуючою на даний момент мотивацією, обстановочною аферентацією, пусковою аферентацією та пам'яттю? Відповідь на дане запитання пропонується дати у наступній статті.

Друге, ще більш цікаве питання, яке виникає, стосується співвідношення визначених факторів діяльності «процес» та «ресурс» з поняттями смислового мислення, а саме: «дані», «інформація», «знання», «смысл», «мислення», «інтелект», «смысловое мислення», «розуміння», чи можливо застосувати принцип евристичної діалектичної самоорганізації до формування процесів мислення?

Слід також звернути увагу на те, що розробка інтелектуалізованих систем управління виробництвом для Індустрії 4.0 неможлива поза межами теорії інтелектуальних систем, яка в свою чергу ґрунтується на принципах евристичної самоорганізації.

Особливу роль теорія інтелектуальних систем має для концепції Індустрії 5.0, тому що закони організації та діяльності людини та організацій з участю людей (людино-машинних систем) встановлені саме для інтелектуальної системи. Теоретичним підґрунтям для інтелектуальної системи є теорія функціональних систем, яка є основою фізіологічної кібернетики. Саме центральна закономірність інтегративної діяльності мозку дає пояснення, яким чином в одному нейроні, а також в комплексах нейронів здійснюється формування проекту майбутнього результату діяльності. Розуміння цього механізму дає змогу ставити задачу розробки механізму формування цілі діяльності й для роботів, які є невід'ємною частиною людино-машинних систем. Перспективи розвитку людино-машинних систем у концепції Індустрії 5.0 досліджено у роботах [23-25].

## Література

1. Доценко, С. І. Уроки кризи класичної кібернетики: причини та сутність [Текст] / С. І. Доценко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2018. – № 4(88). – С. 4-16. DOI: 10.32620/reks.2018.4.01.
2. Доценко, С. І. Принцип цілісної організації інтелектуальних систем [Текст] / С. І. Доценко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2019. – № 1(89). – С. 4-16. DOI: 10.32620/reks.2019.1.01.
3. Доценко, С. І. Принцип функціональної самоорганізації діяльності інтелектуальних систем [Текст] / С. І. Доценко // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2019. – № 2(90). – С. 18-28. DOI: 10.32620/reks.2019.2.02.
4. Івахненко, А. Г. *Принятие решений на осно-*

ве самоорганизации [Текст] / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Зайченко, В. Д. Димитров. – М. : Советское радио, 1976. – 280 с.

5. Ivakhnenko, A. G. *Heuristic Self-Organization in Problems of Engineering Cybernetics* [Text] / A. G. Ivakhnenko // *Automatica*. – Pergamon Press, Printed in Great Britain, 1970. – Vol. 6. – P. 207-219.

6. Farlow, S. J. *Self-Organizing Methods in Modeling: GMDH Type Algorithms* [Text] / S. J. Farlow. – Published by CRC Press, 1984. ISBN 10: 0824771613, ISBN 13: 9780824771614.

7. Anastasakis, L. *The Development of Self-Organization Techniques in Modelling: A Review of the Group Method of Data Handling (GMDH)* [Text] / L. Anastasakis, N. Mort // *Engineering*. – 2001. – Research Report No. 813. – 38 p.

8. *Deep multi-layered GMDH-type neural network using revised heuristic self-organization and its application to medical image diagnosis of liver cancer* [Text] / Shoichiro Takao, Sayaka Kondo, Junji Ueno, Tadashi Kondo // *Artificial Life and Robotics*. – 2018. – No. 23. – P. 48-59. DOI:10.1007/s10015-017-0392-z.

9. Dag, O. *GMDH2: Binary Classification via GMDH-Type Neural Network Algorithms – R Package and Web-Based Tool* [Text] / Osman Dag, Erdem Karabulut, Celal Reha Alpar // *International Journal of Computational Intelligence Systems*. – 2019. – Vol. 12, Iss. 2. – P. 649-660. DOI: 10.2991/ijcis.d.190618.001.

10. Пушкин, В. Н. *Эвристика - наука о творческом мышлении* [Текст] / В. Н. Пушкин. – М. : Политиздат, 1967. – 272 с.

11. Латыпов, Н. Н. *Инженерная эвристика* [Текст] / Н. Н. Латыпов, С. В. Ёлкин, Д. А. Гаврилов. – М. : Астрель, 2012. – 320 с.

12. Kahneman, D. *Thinking, fast and slow* [Text] / Daniel Kahneman. – London : Penguin Books, 2011. – 14 p.

13. *ISO 80000-2:2009 Quantities and units – Part 2: Mathematical signs and symbols to be used in the natural sciences and technology* [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.iso.org/iso/rss.xml?csnumber=31887&rss=detail>. – 20.12.2019.

14. Доценко, С. І. *Теоретичні основи створення інтелектуальних систем комп'ютерної підтримки рішень при управлінні енергозбереженням організації* [Текст] : дис. д-ра техн. наук : 05.13.06 / Харківський національний технічний університет сільськогосподарства імені Петра Василенка / С. І. Доценко. – Харків, 2017. – 369 с.

15. Ивахненко, А. Г. *Самообучающиеся системы распознавания и автоматического управления* [Текст] / А. Г. Ивахненко. – Киев : «Техніка», 1969. – 392 с., – С. 377.

16. Ивахненко, А. Г. *Системы эвристической самоорганизации в технической кибернетике* [Текст] / А. Г. Ивахненко. – Київ : «Техніка», 1971. – 372 с.

17. Доценко, С. І. *Дослідження причин ізоморфності реального об'єкта та його простої моделі* [Текст] / С. І. Доценко // *Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК*. – Харків : ХНТУ-СГ, 2015. – № 1 (3). – С. 25–27.

18. Анохин, П. К. *Принципиальные вопросы*

*общей теории функциональных систем* [Текст] / П. К. Анохин // В кн. *Очерки по физиологии функциональных систем*. – Москва : Медицина, 1975. – 448 с., – С. 17-62.

19. Хайин, Саймон. *Нейронные сети: полный курс* [Текст] : пер. с англ. / Саймон Хайин. – 2-е издание. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.

20. Доценко, С. І. *Процесс и деятельность «единицы деятельности» – две формы проявления сущности организованного целого* [Текст] / С. І. Доценко // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2014. – № 5/1(19). – С. 9-12. DOI 10.15587/2312-8372.2014.28079.

21. Попов, Э. В. *Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ* [Текст] / Э. В. Попов. – Москва : Наука, 1987. – 288 с.

22. Шрейдер, Ю. А. *Системы и модели* [Текст] / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров. – М. : – Радио и связь, 1982. – 152 с.

23. Nahavandi, S. *Industry 5.0 – A Human-Centric Solution* [Text] / S. Nahavandi // *Sustainability*. – 2019. – No. 11, Iss. 16. Art. 4371. DOI: 10.3390/su11164371.

24. Ozdemir, V. *Birth of Industry 5.0: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence, The Internet of Things and Next-Generation Technology Policy* [Text] / V. Ozdemir, N. Hekim // *OMICS-A Journal of Integrative Biology*. – 2018. – Vol. 22, no. 1. – P. 65-76. DOI: 10.1039/omi.2017.0194.

25. *Industry 5.0: Announcing the Era of Intelligent Automation* [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.intellias.com/industry-5-0-announcing-the-era-of-intelligent-automation/>. – 20.12.2019.

## References

1. Dotsenko S. I. *Uroky kryzy klasychnoyi kibernetiky: prychny ta sutnist'* [Classical cybernetics crisis lessons. causes and essence]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi - Radioelectronic and computer systems*, 2018, no. 4(88), pp. 4-16. DOI: 10.32620/reks.2018.4.01.

2. Dotsenko S. I. *Pryntsyp tsilisnoyi orhanizatsiyi intelektual'nykh system* [Principle of the total organization of intellectual systems]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi - Radioelectronic and computer systems*, 2019, no. 1(89), pp. 4-16. DOI: 10.32620/reks.2019.1.01.

3. Dotsenko S. I. *Pryntsyp funktsional'noyi samoorhanizatsiyi diyal'nosti intelektual'nykh system* [The principle of functional self-organization of activity intelligent systems]. *Radioelektronni i komp'uterni sistemi - Radioelectronic and computer systems*, 2019, no. 2(90), pp. 18-28. DOI: 10.32620/reks.2019.2.02.

4. Ivakhnenko A. G., Zaichenko, Yu. P., Dimitrov, V. D. *Prinyatie reshenii na osnove samoorganizatsii* [Decision making on the basis of self-organization]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1976. 280 p.

5. Ivakhnenko, A. G. *Heuristic Self-Organization in Problems of Engineering Cybernetics*. *Automatica*, Pergamon Press, Printed in Great Britain, 1970, vol. 6, pp. 207-219.

6. Farlow, S. J. *Self-Organizing Methods in Modeling: GMDH Type Algorithms*, Published by CRC Press, 1984. ISBN 10: 0824771613, ISBN 13: 9780824771614.
7. Anastasakis, L., Mor, N. The Development of Self-Organization Techniques in Modelling: A Review of the Group Method of Data Handling (GMDH). Engineering, 2001, Research Report No. 813. 38 p.
8. Takao, Shoichiro., Kondo, Sayaka., Ueno, Junji., Kondo, Tadashi. Deep multi-layered GMDH-type neural network using revised heuristic self-organization and its application to medical image diagnosis of liver cancer. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 2019, vol. 12, iss. 2, pp. 649-660. DOI: 10.2991/ijcis.d.190618.001.
9. Dag, Osman., Karabulut, Erdem., Alpa, Celal Reha. GMDH2: Binary Classification via GMDH-Type Neural Network Algorithms – R Package and Web-Based Tool. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 2019, vol. 12, iss. 2, pp. 649-660. DOI: 10.2991/ijcis.d.190618.001.
10. Pushkin, V. N. *Evrastika - nauka o tvorcheskom myshlenii* [Heuristics - the science of creative thinking]. Moscow, Politizdat Publ., 1967. 272 p.
11. Latypov, N. N., Elkin, S. V., Gavrilov, D. A. *Inzhenernaya evrastika* [Engineering heuristics]. Moscow, Astrel' Publ., 2012. 320 p.
12. Kahneman, Daniel. *Thinking, fast and slow*. London, Penguin Books Publ., 2011. 14 p.
13. *ISO 80000-2:2009 Quantities and units – Part 2: Mathematical signs and symbols to be used in the natural sciences and technology*. Available at: <http://www.iso.org/iso/rss.xml?csnumber=31887&rss=detail> (accessed 20.12.2019).
14. Dotsenko, S. I. *Teoretychni osnovy stvorenniya intelektual'nykh system komp'yuternoyi pidtrymky rishen' pry upravlinni enerhozberezhennyam orhanizatsiy. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Theoretical Foundations for Creating Intelligent Computer Support Systems for Managing Energy Saving Organizations Dr. eng. sci. diss.]. Kharkov, Kharkivs'kyi natsional'nyi tekhnichnyi universytet sil'skoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka Publ., 2017. 369 p.
15. Ivakhnenko, A. G. *Samoobuchayushchiesya sistemy raspoznavaniya i avtomaticheskogo upravleniya* [Self-learning systems for recognition and automatic control]. Kiev, Tekhnika Publ., 1969. 392 p., pp. 377.
16. Ivakhnenko, A. G. *Sistemy evrasticheskoy samoorganizatsii v tekhnicheskoy kibernetike* [Systems of heuristic self-organization in technical cybernetics]. Kiev, Tekhnika Publ., 1971. 372 p.
17. Dotsenko, S. I. Doslidzhennya prychyn izomorfnosti real'noho ob'yekta ta yoho prostoyi modeli [Investigation of the Isomorphism of a Real Object and its Simple Model]. *Enerhetyka ta komp'yuterno-intehrovani tekhnolohiyi v APK – Power engineering and computer-integrated technologies in agroindustrial complex*, Kharkov, KhNTUSG Publ., 2015, no. 1 (3), pp. 25–27.
18. Anokhin, P. K. Printsipial'nye voprosy obshchey teorii funktsional'nykh sistem [Fundamental questions of the general theory of functional systems]. *V kn. Ocherki po fiziologii funktsional'nykh sistem – In the book. Essays on the physiology of functional systems*, Moscow, Meditsina Publ., 1975. 448 p., pp. 17-62.
19. Haiin, Simon. *Neironnye seti: polnyy kurs* [Neural networks: a full course]. Moscow, Williams Publishing House, 2006. 1104 p.
20. Dotsenko, S. I. Protsess i deyatelnost' «edynitsy deyatelnosti» – dve formy proyavleniya sushchnosti organizovannogo tselogo [Process and activities of the «unit of activity» - two forms of the organized whole]. *Tekhnologicheskyy audit i rezervy proizvodstva – Technology audit and production reserves*, 2014, no. 5/1(19), pp. 9-12. DOI: 10.15587/2312-8372.2014.28079.
21. Popov, E. V. *Ekspertnye sistemy: Reshenie neformalizovannykh zadach v dialoge s EVM* [Expert systems: Solving informal tasks in a dialogue with a computer]. Moscow, Nauka Publ., 1987. 288 p.
22. Schreider, Yu. A., Sharov, A. A. *Sistemy i modeli* [Systems and models]. Moscow, Radio i svyaz' Publ., 1982. 152 p.
23. Nahavandi, S. Industry 5.0 – A Human-Centric Solution. *Sustainability*, 2019, no. 11, iss. 16. Art. 4371. DOI: 10.3390/su11164371.
24. Ozdemir, V., Hekim, N. Birth of Industry 5.0: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence, The Internet of Things and Next-Generation Technology Policy. *OMICS-A Journal of Integrative Biology*, 2018, vol. 22, no. 1, pp. 65-76. DOI: 10.1039/omi.2017.0194.
25. *Industry 5.0: Announcing the Era of Intelligent Automation*. Available at: <https://www.intellias.com/industry-5-0-announcing-the-era-of-intelligent-automation/> (accessed 20.12.2019).

Поступила в редакцию 10.01.2019, рассмотрена на редколлегии 20.01.2020

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ: ПРИНЦИП ЭВРИСТИЧЕСКОЙ САМООРГАНИЗАЦИИ

С. И. Доценко

Целью данного исследования является сравнение методов самоорганизации для двух форм кибернетических систем, а именно: интеллектуальных систем на основе теории функциональных систем, как организованных целых; автоматизированных систем управления. Каждая из указанных систем допускает разделение на две части. При этом для интеллектуальных систем проблема самоорганизации ставится как проблема определения принципа сочетания выделенных частей в организованное целое. Установлено, что принципом такого сочетания является диалектическая связь между результатами решаемых задач в каждой из частей. Диалектическая связь реализована в форме диалектического единства понятий «общее» и «единичное». Предложено рассматривать этот принцип сочетания частей интеллектуальной системы как принцип эвристической диалектической самоорганизации. В то же время, и для автоматизированных систем управления

характерно разделение системы на две части, а именно: человека-оператора; объект управления. Однако, при таком подходе каждая из указанных частей рассматриваются отдельно. Поэтому для каждой из частей предлагается определять собственный принцип ее самоорганизации. В ходе исследования было предложено перейти к установлению принципа самоорганизации для частей интеллектуальной системы. При этом, предложено изменить метод решения этой задачи. Если для автоматизированных систем предлагается сначала определить характерные признаки деятельности и для их обработки предложить соответствующую эвристику, то для интеллектуальных систем предлагается признать известным принцип эвристической самоорганизации - диалектическое единство понятий. Принцип диалектического единства понятий «общее» и «единичное» предлагается применять для исследования механизмов самоорганизации деятельности по решению задач в соответствующих частях интеллектуальной системы. Первой избрана часть интеллектуальной системы, в которой решается задача реализации установленного проекта будущего результата - технологическая деятельность. Важное обстоятельство, эта деятельность нами также разделена на организационную и технологическую. Понятно, что любой процесс должен быть организованным. Внутренне. Поскольку принцип эвристической самоорганизации нами уже выбран, осталось установить характерные признаки для такой формы деятельности. Для раскрытия содержания факторов для этой формы деятельности нами выбраны понятие «процесс» и «ресурс». На основе этого были установлены четыре формы факторов, а также сформированы диалектические пары этих факторов, для которых установлена архитектура модели для факторного представления проекта будущего результата деятельности. Исследуя технологическую деятельность по реализации установленного проекта будущего результата, мы собственно решили задачу формирования модели проекта будущего результата, который является результатом решения первой задачи и является основой для решения второй задачи. Следует также обратить внимание на то, что разработка интеллектуальных систем управления производством для Индустрии 4.0 невозможна вне теории интеллектуальных систем, которая в свою очередь основывается на принципах эвристической самоорганизации.

**Ключевые слова:** интеллект; знания; система; кибернетика, эвристика, самоорганизация.

## INTELLIGENT SYSTEMS: PRINCIPLE OF HEURISTIC SELF-ORGANIZATION

*S. Dotsenko*

The purpose of this study is to compare methods of self-organization for two forms of cybernetic systems, namely: intelligent systems based on the theory of functional systems, as organized whole; automated control systems. Each of these systems can be divided into two parts. Moreover, for intelligent systems, the problem of self-organization is posed as the problem of determining the principle of combining the selected parts into an organized whole. It has been established that the principle of such a combination is the dialectical connection between the results of the tasks being solved in each of the parts. The dialectical connection is realized in the form of a dialectical unity of the concepts of “general” and “single”. It is proposed to consider this principle of combining parts of the intellectual system as the principle of heuristic dialectic self-organization. At the same time, automated control systems are characterized by the division of the system into two parts, namely: the human operator; management object. However, with this approach, each of these parts is considered separately. Therefore, for each of the parts it is proposed to determine its own principle of self-organization. In the course of the study, it was proposed to move on to establishing the principle of self-organization for parts of the intellectual system. At the same time, it is proposed to change the method for solving this problem. If for automated systems it is proposed to first determine the characteristic signs of activity and to propose appropriate heuristics for their processing, then for intelligent systems it is proposed to recognize the principle of heuristic self-organization as a dialectical unity of concepts. The principle of dialectical unity of the concepts of “common” and “single” is proposed to be used to study the mechanisms of self-organization of activities to solve problems in the relevant parts of the intellectual system. The first part of the intellectual system that solves the problem of implementing the established project of the future result is technological activity. An important circumstance, this activity is also divided by us into organizational and technological. It is clear that any process should be organized. Internally. Since we have already chosen the principle of heuristic self-organization, it remains to establish the characteristic features for this form of activity. To reveal the content of factors for this form of activity, we have chosen the concept of “process” and “resource”. Based on this, four forms of factors were established, and dialectic pairs of these factors were formed, for which a model architecture was established for the factor representation of the project of the future result of activity. Studying the technological activities for the implementation of the established project of the future result, we actually solved the problem of forming a model for the project of the future result, which is the result of solving the first problem and is the basis for solving the second problem. It should also be noted that the development of intelligent production control systems for Industry 4.0 is impossible outside the theory of intelligent systems, which in turn is based on the principles of heuristic self-organization.

**Keywords:** intelligence; knowledge; system; cybernetics, heuristics, self-organization.

**Доценко Серій Ілліч** – д-р техн. наук, доцент, доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна.

**Dotsenko Sergiy** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of specialized computer systems, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, e-mail: sirius\_3k3@ukr.net, ORCID Author ID:0000-0003-3021-4192.