

ВИЗНАЧЕННЯ РОЙОВИХ ЧАСТОК МЕТАФОРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ У КОГНІТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ БУДІВНИЦТВА

Горда Олена Володимирівна

Київський національний університет будівництва і архітектури,
orcid: 0000-0001-7380-0533

anaelg@ukr.net

Рябчун Юлія Володимирівна

Київський національний університет будівництва і архітектури,
orcid: 0000-0002-8320-4038

super.etsy@ukr.net

Об'єктом дослідження є процедура формування ройових частинок метафоричної оптимізації у когнітивних технологіях будівництва в інтелектуальному інформаційному середовищі. Розглянуто та визначено її особливості та склад, на відміну від звичайної процедури формування системи знань запропоновано і описано підхід до її дослідження. За допомогою таких понять, як завдання будівництва, поле завдань будівництва, інформаційний об'єкт завдань будівництва, проведено аналіз та запропоновано схему вибору для метафоричної оптимізації у завданнях будівельної індустрії. Одним з найбільш проблемних місць є формування поняття в інтелектуальному середовищі будівництва, визначення можливості та обґрунтування застосування алгоритму ройових частинок метафоричної оптимізації на основі когнітивних технологій для нормалізації понять та їх інтелектуальних особливостей у рамках даної проблематики. В ході дослідження використовувалися методи визначення інформаційної взаємодії інтелектуального середовища з об'єктом та суб'єктом будівництва. Запропоновано визначення напрямів формалізації, отримання та поширення знань у будівництві. Визначено перспективний напрям розв'язання складних завдань оптимізації будівництва — евристика, що з об'єктивною неоднозначністю постановки завдань передбачає рішення щодо вибору із сукупності можливих рішень з урахуванням відношень аналогії, подібності, подоби.

Ключові слова: когнітивна технологія, евристика, метафора, аналіз, завдання, інформаційний об'єкт, інтелектуальне середовище, ройовий алгоритм.

Вступ

На сьогоднішній день ефективним напрямком в еволюційному моделюванні є ймовірнісні алгоритми, засновані на процесах, що відбуваються в живій природі. Проектуючи закономірності навколишнього світу на певні сфери діяльності людини, такі як соціальні, технічні, політичні, отримуємо ефективний інструмент для розв'язання завдань у різних напрямках діяльності людини.

Одним з основних напрямків розвитку сучасних інтелектуальних інформаційних систем є розробка нових підходів уявлення та інтеграції знань. Інтелектуальні інформаційні системи містять різноманітні бази знань, що мають власні локальні інформаційні моделі, які підтримуються різними стандартами представлення даних та знань. Як наслідок, на етапі інтегрування різнорідних даних виникають множини конфліктів: використання різної термінології при позначенні семантич-

© О.В. ГОРДА, Ю.В. РЯБЧУН, 2023

но близьких понять предметної області, існування неоднорідності специфікацій концептів тощо. Тому проведення досліджень, що дозволяють уникати перелічені конфлікти в будь-якій їхній частині, слід вважати актуальним.

Визначення оптимального рішення зводиться до розв'язку великої кількості прикладних задач. Частина з них відноситься до класу задач комбінаторної оптимізації. Наразі при вирішенні задач оптимізації частіше використовують нові методи, які відносяться до штучного інтелекту та засновані для нормалізації понять. До таких методів відноситься і ройовий інтелект.

Об'єкт та мета дослідження

Актуальність даного дослідження обумовлена необхідністю визначення ройових частинок у метафоричній оптимізації в рамках когнітивних технологій, що з теоретичної точки зору визначається розширенням оптимізації онтології як методу, а з прикладної точки зору — забезпеченням можливості точної формалізації нормативно-довідкової інформації.

Перспективним напрямом вирішення складних завдань оптимізації є евристика, механізм якої представлений незалежною від проблеми алгоритмічною структурою високого рівня у вигляді набору принципів, що управляють, або стратегій для розробки методів евристичної оптимізації. Необхідно зазначити, що в даний час актуальними є спостереження за природними нейронними мережами, соціальними формами існування, популяціями та видами.

В інформаційних технологіях вивчення процесів живої природи дозволяє прискорити розвиток, створення та використання алгоритмів та механізмів обробки інформації, що є результатом тривалого еволюційного відбору. Це так звані алгоритми на основі метафор (метаевристики або метафори).

При зростанні обсягу необхідної для обробки інформації та нечіткості традиційних підходів до вирішення завдань дані алгоритми малоефективні або навіть непридатні, а когнітивні або пізнавальні інформаційні технології дозволяють отримати хороший результат для опису слабоструктурованих систем з багатоаспектністю процесів, що відбуваються.

Розглянемо такі опорні поняття:

1) проблематика будівництва, а саме: визначення підходу до опису онтологій, ідей, концепцій, класифікації проблем, завдань, напрямів, об'єктів, які є постановочною частиною завдання з урахуванням їхньої специфіки в рамках когнітивних інформаційних технологій, що розробляються в будівельній проблематиці, описує:

- актуальні проекти будівельних об'єктів;
- проблеми будівництва на даний момент часу;
- завдання будівництва щодо проблемних ситуацій;

— постановка задачі, яка передбачає визначення мети, представленої в рамках проблемної ситуації будівництва з відомим вихідним та необхідним кінцевим цільовим станами. Причому алгоритм досягнення кінцевого цільового стану від заданого вихідного стану відомий, включаючи сукупний суб'єкт, що бере участь у цій проблемній ситуації та реалізує будівельні процеси в межах ресурсів будівництва;

2) поле завдань за об'єктом, а саме, певні завдання будівництва, які можна співвіднести відповідно до актуальності заданих об'єктів у рамках проблематики будівництва загалом та проблеми будівництва на об'єкті зокрема, на основі формалізації рішень.

Оскільки рішення є елементом інформаційного середовища будівництва, то для його формалізації застосовують такі онтологічні поняття:

- інформаційне середовище будівництва;
- інформаційне поле;
- інформаційна одиниця;
- інформаційна конструкція;
- семантичне оточення інформаційного об'єкта;
- клас інформаційного простору;
- інформаційний простір, приєднаний до моделі;
- інформаційно-будівельна процедура як інформаційний об'єкт.

Поняття інформаційного об'єкта включає

- інформаційні одиниці,
- інформаційні системи (упорядковані, узгоджені за складом, порядком та

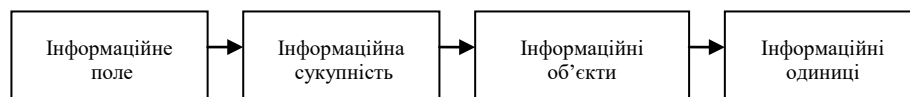
принципами взаємодії інформаційні об'єкти у взаємозв'язку із сукупністю засобів, методів, що використовуються для зберігання, обробки та видачі інформації для досягнення поставлених цілей, інформаційні об'єкти технології, дані, формалізована інформація, інформаційні моделі, інформаційний ресурс, інформаційний продукт, повідомлення та інші інформаційні об'єкти). Опис класу та атрибутів об'єктів задає схему класу інформаційного об'єкта. Класи інформаційних об'єктів разом з їх перетвореннями задають категорію інформаційних об'єктів [1].

Мета дослідження — вирішення проблеми інтеграції неоднорідної інформації, яке можливе шляхом специфікації конкретних понять предметної області з подальшою перевіркою та відображенням (mapping) розуміння різних понять предметної галузі.

Дослідження наявних розв'язків проблеми

У даний час для опису понять предметної області широко застосовується онтологічний підхід, оскільки онтологічні специфікації дозволяють задати точну семантику прикладної області об'єктів та визначити їхній контекст. Створення загальнодоступних онтологій понять предметної області дозволить вирішити проблему неоднорідності онтологічних специфікацій для певних груп агентів [2, 3].

Інформаційні об'єкти предметної області пов'язані між собою. Ієрархія послідовності сутностей щодо інформаційних одиниць представлена на рисунку.



Між цими сутностями встановлюються інформаційні відношення.

Приєднані інформаційні простори базуються на різному поданні інформаційного об'єкта та дозволяють моделювати об'єкт, порівнювати та вводити відношення еквівалентності на сукупності моделей об'єкта та процесів його створення, що визначає розширення онтології та забезпечує можливість точної формалізації нормативно-довідкової інформації та документації.

Когнітивна технологія, як інформаційна, представляється у вигляді сукупності множини наборів дій з інформацією, що спрямована на вирішення підзавдань. Набори дій однієї множини допускають одночасне та незалежне виконання. Завдання прийняття оптимальних рішень, у тому числі вибору оптимальних параметрів проєктованих процесів, можуть бути зведені до вирішення складних завдань глобальної багатокритеріальної оптимізації, де під час пошуку здійснюється

локальне налаштування на поведінку цільової функції та обмеження в різних зонах області пошуку. Основна складність при проектуванні та реалізації когнітивної технології — забезпечення правильної послідовності взаємодій між різними процесами, а також координація ресурсів, що використовуються різними процесами. Розпаралелення ресурсів складає рівні завдань, окремих процедур і інструкцій і представляється потоком інструкцій.

Зазначимо особливості інформаційного ресурсу в інформаційному середовищі:

- інтелектуальний ресурс як факт індивідуальної та колективної творчості;
- у міру розвитку когнітивних технологій знання зберігаються та збільшуються;
- не самостійний ресурс і який сам по собі має лише потенційне значення;
- інформаційний об'єкт оточення, інформаційна взаємодія з яким визначає межі інформаційного середовища;
- інтелектуальне середовище, для якого характерні такі процеси, як отримання знань при взаємодії суб'єкта з джерелом знань; та придбання знань — абсорбція на користь суб'єкта або синтез знань всередині інтелектуального середовища, що включає знання про предметну галузь будівництва, знання про суб'єктів предметної галузі, знання цього суб'єкта про інтелектуальну систему предметної галузі, конгломерати семантичної мережі, баз знань, каталогів;
- інформаційний ресурс, який є еволюційним середовищем у вигляді синергетичного процесу утворення нових структур інформаційних середовищ будівництва.

Особливістю споживачів інформації є суб'єкт будівництва (СБ), який визначається ставленням до базової інформації, включаючи структуру та кваліфікацію наявного персоналу, технічну озброєність щодо проекту.

Поняття СБ — абстрактне уявлення на основі множини істотних властивостей, без яких воно не існує і за допомогою яких виділяються об'єкти, що цікавлять.

Сукупність понять будівництва складає онтологію будівництва. Формування понять базується на спостереженні щодо об'єкта будівництва та має такі аспекти, як технічне спостереження об'єкта будівництва; розуміння (ідентифікація) будівельних процесів, які відбуваються щодо об'єкта будівництва.

Початковими даними для забезпечення спостереження є:

- будівельний проект, в якому, зокрема, зазначено, що, де та коли має бути побудовано (існує мережевий графік) і за яких умов,
- які будівельні матеріали, техніка, видаткові ресурси та фахівці якої кваліфікації потрібні на кожному етапі будівництва,
- кваліфікація виконавців (робочої сили), умови та договір трудового найму;
- природні чинники,
- ресурси, необхідні для будівництва.

Технічне спостереження в сукупності з відстеженням процесів на об'єкті будівництва забезпечує обчислення величин, що характеризують об'єкт будівництва в цілому.

Інформаційний концепт — поняття, що формується спільністю у сприйнятті явища або об'єкта суб'єктами, що пізнають. Знання про об'єкт, що спостерігається, формалізується в рамках моделей, що додатково виконують роль отримання нових знань.

Інформаційну модель будівельного об'єкта визначає [4, 5] залежність застосування інформаційної моделі від недостатньо формалізованої логістики, від недостатньо формалізованого опису виконавця будівельних робіт, від задіяних

ресурсів будівельних робіт, а також від недостатньо формалізованого опису виконавця стану моніторингу будівельних споруд, їх надійності на різних етапах життєвого циклу.

Обґрунтування можливості застосування ройової метафоричної оптимізації у когнітивних технологіях будівництва

Будівництво, як галузь діяльності з надання будівельних послуг та наука, є значною мірою агрегативною і спирається на свою онтологію. Онтологія будівництва, крім власних специфічних онтологій, включає онтології багатьох інших галузей знань, яким також притаманні межі природного утворення понять.

Використовуючи метод когнітивної лінгвістики для розробки інтелектуального інтерфейсу, будемо досліджувати конкретний механізм виділення концептів, їх таксономії на основі інтеграції з системою понять предметної області, в цьому разі — будівництва, виражений у вигляді онтології з розширюваним загальносистемним тезаурусом з метою узгодження і семантичної інтеграції формальних та змістовних структур.

Для будівництва механізм виділення концептів є актуальним і неперервно присутнім, що пояснюється наявністю двох процесів, які інформаційно відстежуються, — власне здійснення будівельних робіт (інтерфейс «суб'єкт будівництва–замовник») та узгодження (інтерфейс «замовник–інвестор»). При цьому у кожного учасника (суб'єкта будівництва, замовника, інвестора) на тлі загальнобудівельної бази знань інтелектуального середовища будівництва є властиві лише їм бази знань. Причому кожний учасник керується своїми групами критеріїв. Об'єктивно в будівництві застосовуються інноваційні технології та будівельні матеріали і конструкції.

Таким чином, виникає невизначеність при впровадженні інновацій між змінами, що привносяться в організаційно-технологічний процес з пошуком ефективної величини резервів, що демпфують ризики в будівництві за неповної інформації про функціонування об'єкта на основі нечіткого багатокритеріального аналізу, наприклад еволюція таксономії оздоблення: торкетування, набризк, штукатурка. Іншим джерелом невизначеності є застосування-замінність матеріалів і конструкцій при реалізації будівельного проекту, особливо якщо суперечки та узгодження перейшли в юридичну площину, наприклад заміненість та застосування полегшених конструкцій перекриття та несучих плит перекриття.

Інформаційному простору будівництва притаманні такі відношення: доступність, достовірність, повнота, точність, актуальність, корисність інформації, що дозволяє сформулювати конвенційні знання в рамках концептингу — формальний опис єдиної смислової рамки.

Властивості концепту, на відміну від уявлення, — перше наближення семантики, що включає прототиповість, когнітивні метафори та етимологічні асоціативні характеристики, тобто когнітивні моделі. До базових структурних компонентів концепту відносяться образ, інформаційний зміст та інтерпретаційне поле.

Сутність когнітивних технологій будівництва — встановлення відношень інформаційного об'єкта з онтологією будівництва.

Нехай $\{Ob_i\}$ — об'єкти онтології будівництва, $\{F_j\}$ — відношення на сукупності об'єктів, причому $\{Ob_i\}$ таке, що $\forall j, F_j(\{Ob_i\}) \subset \{Ob_i\}$.

$\text{Ont}(\{Ob_i\})$ — онтологія будівництва, що представляється алгеброю відносно $(\cup, \cap)$;

$$\forall i, Ob_i = \bigcup_j \text{ont}_j, \text{ де } \forall j, \text{ont}_j \subset \text{Ont}(\{Ob_i\}).$$

Нехай $Ob^* \in \{Ob_i\}$, $\text{ont}_k^* \in \text{Ont}(\{Ob_i\})$. Визначимо когнітивну технологію будівництва як відношення: $KT(\{Ob_i\})^{\text{def}} = \left\{ \{ \text{ont}_k^* \} \mid Ob = \bigcup_j \text{ont}_j \bigcup_k \text{ont}_k^* \right\}$, при цьому $\left\{ \bigcup_j \text{ont}_j \bigcup_k \text{ont}_k^* \right\}$ — несуперечливе.

Таким чином, у будівництві проєктуються онтології на основі концептів-претендентів у формі релевантних текстів із корпусу текстів.

Методи досліджень

Як показано в [6–8], у когнітивних технологіях будівництва синтез нових понять та визначень може бути реалізований завдяки метафоричній оптимізації при відповідному визначенні ройових частинок, наприклад, методом імітації зграї сирих вовків (GWO) [9–11], який відноситься до методів ройового інтелектуального пошуку глобального екстремуму.

Основні кроки роботи методу — створення початкової популяції, виявлення лідерів зграї, переміщення особин зграї у просторі допустимих рішень щодо лідерів, перевірка умови закінчення.

Метод GWO дозволяє ефективно будувати нечіткі класифікатори, на основі яких визначаються області максимального збігу понять, в чому і полягає критерій оптимізації при пошуку глобального екстремуму стосовно когнітивних технологій будівництва. Области максимального збігу визначаються за результатами обробки нечітких прототипів понять передбачуваного нечіткого кластера даних функціонування базового визначення на основі базової інформації щодо рою суб'єктів будівництва.

Результати досліджень

Визначення рою суб'єктів будівництва стосовно їх загальної базової інформації базується на поданні частки рою (суб'єкта будівництва) як

$$\forall i \in \overline{1, N}, sw_i = (\text{Ont}_i, \text{Inf}_i, Lp_i, Cc_i), \bigcap_i Lp_i \neq \emptyset,$$

де Ont_i — онтологія, Inf_i — інформаційний простір, Lp_i — поле задач, Cc_i — суб'єкт будівництва.

Процес роїння суб'єктів будівництва та утворення нових визначень у будівництві реалізується завдяки розподілу базового інформаційного простору та роїння суб'єктів будівництва за завданнями та полями завдань, за приєднаними інформаційними просторами.

$$\bigcap_i Lp_i \neq \emptyset \text{ на } T^1;$$

$$\bigcap_j Lp_j(t) = \emptyset \text{ на } T^0, j \in M \in \text{Bol}(N), T^1 \cup T^0 = T;$$

$$\forall i \in \overline{1, N}, \quad Inf_i \subset Inf_0;$$

$$Inf_i(Lp_j^k) \subset Inf_i, \quad \forall i, j, \quad k \in K;$$

$$\forall i \neq j, \quad \forall k \quad \exists Card((Inf_i^k \cup Inf_j^k) \setminus (Inf_i^k \cap Inf_j^k)), \quad Card(\cdot) \sim Mes(\cdot).$$

Визначимо критерії функціонування та утворення рою в інформаційному просторі.

$$def : Inf_* \subset Inf_i, \quad \forall i. \quad \{sw_i\} \rightarrow \min_{i \neq j} Card\{sw_i, sw_j\}$$

— визначення, локалізоване за класом будівництва;

$$def : Inf_* \subset Inf_i^k, \quad \forall i, k, \quad \{sw_i\}^k \rightarrow \min_{i \neq j, \forall k} Card\{sw_i^k, sw_j^k\}$$

— визначення, локалізоване за класом завдань;

$$def : Inf_* \subset Inf_i^k, \quad \forall i, \exists k. \quad \{sw_i\}^k \rightarrow \min_{i \neq j} Card\{sw_i^k, sw_j^k\}$$

— визначення, локалізоване за завданнями.

У правилі відновлення швидкості зміни положення ройової частинки слід зазначити ще один компонент — інерцію. За аналогією з класичною механікою цей компонент впливає на здатність частки швидко або досить повільно змінювати свою швидкість.

Визначимо частку рою. Нехай

1. $(\bar{r}(t), grad \bar{r}(t), t)$ — фазовий портрет руху частки, $t \in [t_b, t_e]$;
2. $\forall n \in N, \quad \bar{r}_n(t), \quad N < \infty,$

$$\forall i \in N, \quad \left\{ \begin{array}{l} \exists \phi_i^1(\bar{r}_i, t) \text{— ближня взаємодія} \\ \exists \phi_i^2(\bar{r}_i, t) \text{— дальня взаємодія} \end{array} \right\} \text{сприйняття,}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi_i^1(\bar{r}_i, t) \geq \phi_i^1(\bar{r}_i + \bar{\Delta}, t) \\ \phi_i^2(\bar{r}_i, t) \leq \phi_i^2(\bar{r}_i + \bar{\Delta}, t) \end{array} \right\} grad \bar{\Delta} \uparrow \uparrow grad \bar{r}_i, \quad |\bar{\Delta}| \geq 0.$$

Ройова функція — функція значення ознаки від частки рою як аргументу.

$$1. \quad \forall \bar{r}_i, \exists \bar{r}_j, (i, j) \in N \left| S_s(\bar{r}_i, \bar{r}_j) \neq 0, \right.$$

$$S_i^1 = S^1(\bar{r}_i, t, \phi_i^1) = \begin{cases} 0, & \phi_i^1(\bar{r}_i, t) \geq d\varepsilon^1, \\ \phi_i^1, & \phi_i^1(\bar{r}_i, t) < d\varepsilon^1. \end{cases}$$

$$2. \quad \forall \bar{r}_i, \exists \bar{r}_j, (i, j) \in N \left| S_d(\bar{r}_i, \bar{r}_j) \neq 0, \right.$$

$$S_i^2 = S^2(\bar{r}_i, t, \phi_i^2) = \begin{cases} 0, & \phi_i^2(\bar{r}_i, t) \leq d\varepsilon^2, \\ \phi_i^2, & \phi_i^2(\bar{r}_i, t) > d\varepsilon^2, \end{cases}$$

де S_i^1, S_i^2 — сімейство функцій обумовленості з близько- і далекодії відповідно;
 $d\varepsilon_i^1, d\varepsilon_i^2$ — відповідні пороги; $S_i = (S_i^1, S_i^2)$ — визначеність i -ї частки.

$$3. \quad \exists \Delta_0 > 0, \{\bar{r}_i\} \subset \text{loc}_\Delta(\{\bar{r}_i\}), \forall \Delta \leq \Delta_0.$$

$$4. \quad \|\bar{r}_i - \bar{r}_j\| < \Delta$$

— функція суміжності частинок рою з дислокації.

$$5. \quad \bar{r}(t), \text{grad } \bar{r}(t) \subset C(R^m).$$

$$6. \quad \|\bar{r}(t)\| < \infty, \|\text{grad } \bar{r}(t)\| < \infty.$$

$$7. \quad Bt(i, j, t) = \max(\|S_i(\bar{r}_j, t)\|, \|S_j(\bar{r}_i, t)\|),$$

де $Bt(i, j, t)$ — взаємозв'язок між частками $\bar{r}_i$ та $\bar{r}_j$ в момент часу t , а $\bar{r}_i, \bar{r}_j$ — інформаційно зв'язані (суміжні) в момент часу $t \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} Bt(i, j, t) \neq 0$.

$$8. \quad G(\{\bar{r}_i(t)\}, d\varepsilon^1, d\varepsilon^2) \subset R^m \Big| S^1 \wedge S^2 \neq 0$$

— горизонт відбору інформації часткою $\bar{r}_i(t)$.

9. $Tk(\bar{r}_i, [t_0, dt]) \equiv \{\bar{r}_i(t)\}, \forall t \in [t_0, dt]$ — траєкторія частки на заданому часовому інтервалі, функція дрейфу частки рою (ЧР) залежно від середовища, частинок типу їжі (виграні тендери, завдання на виконання будівельних робіт), хижаків (конкуренти) та характеристик типу голоду (необхідність у виконанні будівельних робіт), статевого потягу (пошук партнерів, агрегація, інтеграція або злиття):

$$Tk(\bar{r}_i, [t_0, dt]) \subset C[t_0, dt], Tk(\bar{r}_i) \cap Tk(\bar{r}_j) = \emptyset, i \neq j, \forall t.$$

$$10. \quad \Phi t(i, j, t) = \begin{cases} 1, \text{ визначається,} \\ 0, \text{ не визначається} \end{cases}$$

— функція визначення j -ї частки через i -у частинку у разі, коли вони пов'язані. ЧР сприймає (моделює) іншу ЧР як свій образ або зв'язок у напрямку харчування (наявність їжі або хижака) або за статевою залежністю (потяг, відторгнення).

11. $g(\bar{r}_i)$ — функція корисності знаходження i -ї частки в положенні $\bar{r}_i(t)$ в момент часу t , суть передісторія задоволеності ЧР. У кожної частки рою своя передісторія та найкраще значення $g(\bar{r}_i)$, що визначається логікою когнітивного правила оновлення в результаті модифікації завдяки обміну інформацією з іншими роєвими частинками кращими знайденими рішеннями.

12. $l(\bar{r}_i, t)$ — функція активності життя та розмноження, що визначає етапи та граничний час існування рою часток (РЧ).

Визначимо рій частинок через його властивості.

Фундаментальна властивість рою — інформаційний обмін між частинками, що поєднує їх у рій, як такий, що реалізує для частки асиметрію інформаційного обміну.

Рій як структурована сукупність щодо типів поведінки скупчення частинок роїв (за поляризацією) у динаміці: вільна частка–частка в скупченні–частка в рої як у поляризованому скупченні частинок.

1. Рій локалізовано в R^m . Частинки поза роєм з властивостями ройових частинок знаходяться на відстані не менше Δ від найближчих часток рою. Частинки поза роєм з властивостями ройових частинок та на відстані не менше Δ від найближчих частинок рою не мають інформаційного обміну з частинками рою.

2. $X(N, t) \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \forall i = \overline{1, N}, \exists j \in [1, N], i \neq j, Bt(\bar{r}_i, \bar{r}_j, t) — зв'язано інформаційно. Функція інформаційної зв'язності рою — функція інтенсивності обміну інформацією між суміжними частинками рою при ненульовому значенні ройової функції між ними. Рій локалізований у кінцевому обсязі $V_0(Roe)$ (наслідок з п. 1 і $N < \infty$) — пов'язано за локалізацією.$

3. Для кожної частки рою $\bar{r}_i$ існує мінімум одна частка $\bar{r}_j$, що також належить рою; між ними існує інформаційний обмін, тобто S_s — суміжні чи інформаційно суміжні і S_R — суміжні тощо, $\|grad \bar{r}_i - grad \bar{r}_j\| \leq \varepsilon, \|\bar{r}_i - \bar{r}_j\| < \Delta$.

4. Відношення S_s і S_R задають зв'язки за суміжністю та на сукупності частинок рою. Тренд рою $Tr(t, N) = \sum_{i=1}^N \bar{r}_i$.

5. Конгломерация (скупчення) рою (25):

$$Cg(X(N, t), \varepsilon) \stackrel{\text{def}}{\Leftrightarrow} \left\{ \begin{array}{l} \bar{X}(N, t) \text{ зв'язані за локалізацією} \\ \text{суміжні в } R^m \\ \forall t, grad \bar{r}_i \in \left[\|\bar{Tr}(N, t) - \varepsilon\|, \|\bar{Tr}(N, t) + \varepsilon\| \right] \end{array} \right.$$

6. Поляризація руху ройових частинок, тобто рух суміжних ЧР співспрямовано.

$$7. \quad \forall Cg(\{\bar{r}_i\}_{i=1}^{n_i}, t, \varepsilon_{Tr}) \subset X(N, t), \forall n_i \leq N, \forall t.$$

$$8. \quad Cg(\{\bar{r}_i\}_{i=1}^{n_1}, t, \varepsilon_1) \subset Cg(\{\bar{r}_i\}_{i=1}^{n_2}, t, \varepsilon_2) \Leftrightarrow (\{\bar{r}_i\}_{i=1}^{n_1} \subset \{\bar{r}_i\}_{i=1}^{n_2}) \wedge (\varepsilon_1 \leq \varepsilon_2), \forall t.$$

$$9. \quad \sum_{j=1}^N \overline{Tr}(\{\bar{r}_i\}_{i=1}^{N_j}, t) = \bar{T}(N, t), \forall \text{розбиття } T = \sum_j N_j.$$

$$10. \quad \{\bar{r}_i(t)\}_{i=1}^N — задає векторне поле тренду (рух) рою $X(N, t)$ в R^m .$$

Рій — це як спосіб опосередкованого представлення через інші його частинки, всередині якого завдяки обміну інформацією визначається горизонт збору інформації часток:

$$G(\{\bar{r}_i(t)\}, d\varepsilon^1, d\varepsilon^2) = \bigcup_i G(\bar{r}_i(t), \varepsilon^1, d\varepsilon^2).$$

При міграції опір середовища, в силу мінімізації його впливу на частку в рої, менше, ніж у вільному переміщенні.

Визначимо структуру рою, спираючись на [12, 13].

Відношення «злипання» частинок рою:

- область визначення злипання : різні або однакові суміжні ЧР;
- область значень злипання: сукупність дуплетів ЧР;
- темпоральність злипання: нарощування конгломерату над дуплетом частинок або розпад дуплету, відхід ЧР із рою через тривалий голод;
- структурні конгломерати всередині рою;
- структура рою частинок на кшталт «гігантської зграї щурів» — викликана низькою обумовленістю РЧ чи розмитістю правил переходу в R^m через слабку визначеність розподілу властивостей, що підтримують існування рою.

Відношення «значущості» частинки для рою:

- суть — ступінь обліку інформації частки рою, визначення поведінки рою загалом;
- облік передісторії функціонування рою через порушення гомогенності рою за значимістю та утворення еліт як підройів;
- всередині ройові зв'язки визначаються завдяки топології рою та бінарних відношень за умови еліт;
- еліти (касти) рою як спосіб збільшення ефективності функціонування рою та його окремих частинок;
- лідерство, еквіпотенційність та ієрархія ЧР.

Об'ємна структурованість рою є наслідком того, що, залежно від значущості ознаки ройових частинок, одна і та ж частка матиме різний за величиною окіл обумовленості, за допомогою якого структурується рій, змінюючи щільність залежно від розміру РЧ.

Традиції поведінки рою частинок завдяки збереженню трендів структурування еліт РЧ та їх кластерів.

Відзначимо властивості еволюції рою частинок:

- напрямок еволюції: конгломерат (асоціація), проторій, еквіпотенційний рій;
- механізм формування рою з частинок з максимальною корисністю знаходження у рою, з подоланням обмеження еволюційної спадковості;
- механізм збереження еліт у рою: анонімія частинок у рої у межах кластера;
- локальна структура, що ґрунтується на граничному заповненні областей у рої;
- локальна дивергенція руху конгломератів рою та механізм ройння як його реалізації;
- глобальна дивергенція руху локалізації рою та механізм обтікання границь як його реалізації;
- сукупність порогів чутливості, класів функцій чутливості, допусків локації частинок щодо рою — це і є механізм відбору та вибракування частинок щодо їх приналежності до рою.

Рою притаманні емерджентні властивості:

- хвилі збудженого стану рою частинок (трафальгарський ефект) на основі імітаційного рефлексу;
- хвилі збудження та процес поділу рою, як носія частинок, для маневру обтікання (ухилення) хижаків або поворот рою повністю.
- потік руху як узгодженого руху локальної сукупності РЧ, згасаючого або лавиноподібного;
- протокооперація як форма групового оптимального розв'язання задач ройовим методом;

— інерція рою як умовне рефлекторне тло на основі індивідуального досвіду (пам'яті частинок) або наслідування;

— властивість, що ідентифікує належність частинки до рою, заснована на властивостях всередині рою;

— внутрішні конкурентні сигнали в рою (голосування, роїння);

— оптимізація процедури вибору напрямку тренду рою чи перетворення форми РЧ (основне завдання механізму управління).

Середовище проживання рою визначається наявністю:

R^m — носій довкілля. Три типи частинок: їжа (будівельні проекти), рої (суб'єкти будівництва–виконавці), хижаки (конкуренти, контролюючі органи).

$f_1(\bar{x}, Roe(t), t)$, $\bar{x} \in R^m$, — локації значень властивостей довкілля, що підтримують рій, параметри довкілля, домінанта кормового ланцюга.

Їжа для рою як властивість простору:

$f_2(\bar{x}, Roe(t), t)$ — локація значень антагоністичних властивостей довкілля щодо рою. Зовнішня еволюція рою: агресивність середовища, хижаки (одинаки та зграї), голод як тотальний хижак за простором);

$f_3(\bar{x}, Roe(t), \Delta, t)$ — локація значень факторів зростання чисельності рою в його Δ -околу. Нестійкість сукупності популяцій у просторі.

$f_4(\bar{x}, Roe(t), \varepsilon, t)$ — функція деградації середовища через рій та його ε -окіл, внутрішній хижак рою — екскременти, хвороби, конкуренція.

$f_4(\bar{x}, Roe(t), \varepsilon, t)$ — функція дифузії рою у просторі: навчання–функціонування–зростання–роїння–зникнення завдяки внутрішній еволюції рою (хвороби, канібалізм) та динаміці його генетики.

Таким чином, здійснено опис процедури формалізації [14] когнітивної технології як процедури утворення нових понять для виділення об'єкта, що спостерігається декларативно, на основі ознак або заходів і визначення його інформаційного простору; а також процедури моделювання співвідношення когнітивних і семантичних процесів та побудови діалогової трансформації інформаційного середовища будівництва для утворення нових понять і визначення інформаційного простору на основі когнітивних технологій.

Запропонований опис забезпечує онтологічний аналіз когнітивних інформаційних технологій будівничої галузі з метою побудови класифікаторів для формалізації описів, а також визначення формалізації когнітивних інформаційних технологій будівництва у межах онтології будівництва на основі джерел та системи ознак когнітивної інформації.

Висновок

Для досягнення мети в умовах нечіткості інформації в слабо структурованих системах з багатоаспектністю процесів, що відбуваються в будівництві, завдяки когнітивним інформаційним технологіям здійснене наступне:

1) на основі понять задачі будівництва, поля завдань, класу завдань, інформаційного простору будівництва як елементів когнітивних технологій досліджено сімейство рішень щодо сукупності суб'єктів будівництва за синтезом загальних інформаційних об'єктів і проведено його аналіз;

2) з метою стратегії запропоновано для використання метод метафор, а саме GWO, в інформаційному просторі будівництва для формування близьких рішень для суб'єктів будівництва за критерієм максимального співпадіння базових рішень для їх сукупності;

3) визначено суб'єкт будівництва як ройову частку метафоричної оптимізації у когнітивних технологіях будівництва з урахуванням інформаційних та приєднаних просторів;

4) визначено рій як структуровану сукупність типів поведінки скупчення ройових часток, траєкторію рою та окремих його частинок в інформаційному просторі будівництва;

5) розроблено модель на основі метаевристики GWO у будівництві, а також проведено спостереження еволюційного походження та синтезу інформаційних об'єктів.

O. Gorda, Yu. Riabchun

DEFINITION OF SWARM PARTICLES OF METAPHORICAL OPTIMIZATION IN COGNITIVE DESIGN TECHNOLOGIES

Olena Gorda

Kyiv National University of Construction and Architecture,

anaelg@ukr.net

Yuliia Riabchun

Kyiv National University of Construction and Architecture,

super.etsy@ukr.net

The object of the study is the procedure for forming swarm particles of metaphorical optimization in cognitive construction technologies in an intelligent information environment. The article considers and defines its peculiarity and composition, in contrast to the usual procedure for forming a knowledge system, proposes and describes an approach to its research. Using such concepts as construction tasks, construction task field, information object of construction tasks, the author analyzes and proposes a selection scheme for metaphorical optimization in the tasks of the construction industry. One of the most problematic areas is the formation of a concept in the intellectual environment of construction, determining the possibility and justification of using the swarm particle algorithm of metaphorical optimization based on cognitive technologies to normalize concepts and their intellectual features within a given problem. The study used methods for determining the information interaction of the intellectual environment with the object and subject of construction. The author proposes to identify areas of formalization, acquisition and dissemination of knowledge in construction. A promising direction for solving complex optimization problems in construction is defined — a heuristic that, given the objective ambiguity of the problem statement, provides a solution based on the choice from a set of possible solutions, taking into account the relations of analogy, similarity, and likeness.

Keywords: cognitive technology, heuristic, metaphor, analysis, task, information object, intellectual environment, swarm algorithm.

ПОСИЛАННЯ

1. Григоровський П.С., Горда О.В., Чуканова Н.П. Інформаційні середовища в будівництві. *Будівельне виробництво*. 2019. № 68. С. 15–19.

2. Шмиг Р.А., Боярчук В.М., Добрянський І.М., Барабаш В.М. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури. За заг. ред. Р.А. Шмига. Львів : Львівський аграрний університет, 2010. 222 с.
3. Лівінський О.М., Лівінський М.О., Васильковський О.А., Васильковський А.О. та ін. Український тлумачний словник будівельних термінів. Київ: Українська академія наук, МП «Лєся», 2006. 528 с.
4. Лисенко В.П., Решетюк В.М., Штепа В.М. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм. Київ : НУБіП України, 2014. 332 с.
5. Корченко О.Г., Дрейс Ю.О. Нечітке моделювання лінгвістичної змінної «інформація» за змістом відомостей та видом операцій, що виконуються над нею. Зб. наукових праць ЖВІ НАУ. 2009. Вип. 2. С. 102–108.
6. Горда О.В. Ройовий метод формалізації визначення у будівництві. *Proc. of International Scientific-Practical Conference of young scientists "Build-Master-Class-2021", КНУБА*, 2021. С. 306–311.
7. Горда О.В., Цюцюра М.І. Когнітивні технології предметної області на основі онтології. *Управління розвитком складних систем*. 2023. № 54. С. 30–38. DOI: 10.32347/2412-9933.2023.53.30-38.
8. Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Ітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей. Під заг. ред. С.О. Субботіна. Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. 375 с.
9. Список метаэвристических алгоритмов научной матрицы — полный список метаэвристических алгоритмов. <https://thesciencematrix.com/Apps/metaheuristics/>
10. Mirjalili S. How effective is the Grey Wolf optimizer in training multi-layer perceptrons. *Applied Intelligence*. 2015. Vol. 43. P. 150–161.
11. Muro C., Escobedo R., Spector L., Coppinger R. Wolf-pack (*Canis lupus*) hunting strategies emerge from simple rules in computational simulations. *Behavipural Process*. 2011. Vol. 88, N 3. P. 192–197. DOI: 10.1016/j.beproc.2011.09.006
12. Палагін О.В., Петренко М.Г. Модель категоріального рівня мовно-онтологічної картини світу. *Математичні машини і системи*. 2006. № 3. С. 91–104.
13. Палагін О.В., Петренко М.Г. Архітектурно-онтологічні принципи розбудови інтелектуальних інформаційних систем. *Математичні машини і системи*. 2006. № 4. С.15–20.
14. Gad A.G. Particle swarm optimization algorithm and its applications: A Systematic Review. *Arch Computat Methods in Eng*. 2022. Vol. 29. P. 2531–2561. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09694-4>

Отримано 02.05.2023

Доопрацьовано 07.08.2023