

УДК 004.03

О.В. Горда, Ю.В. Рябчун

ГЕНЕТИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЮ ЧАСТОК У МЕТАФОРИЧНИХ АЛГОРИТМАХ

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

Перспективним напрямом вирішення складних завдань оптимізації є евристика, механізм якої залежить від проблеми алгоритмічної структури високого рівня як набору принципів керування або стратегій розробки алгоритму метафоричної оптимізації, зокрема ройових методів. Інформаційні технології, що вивчають еволюційні процеси оптимізації, дозволяють прискорити отримання результату завдяки використанню алгоритмів і механізмів обробки інформації, які пройшли тривалий відбір у природі. Розглянуто та визначено процедуру формування та визначення способів генетичної оптимізації в ройових технологіях, її особливості, склад та відмінність від звичайної процедури, а також запропоновано та описано підхід до їх дослідження. Об'єктом дослідження є процедура формування ройів з часток у когнітивних технологіях метафоричної оптимізації. Основною відмінністю проведеного аналізу, результати якого наводяться в даній роботі, є когнітивно-семантичний аналіз на основі визначення інформаційної взаємодії середовища об'єкта з суб'єктом і побудови онтологічних конструкцій рою як геному, що проведено вперше. Механізм отримання моделі генетичної оптимізації рою часток у метафоричних алгоритмах може бути використано для створення штучного інтелекту нового покоління, що навігається як нейронна мережа. У роботі визначено понятійний апарат генетичної оптимізації; рій як структуру, що формується завдяки когнітивним здібностям часток; структурні компоненти рою та основні класи відношень між ними з урахуванням особливостей еволюційного процесу та характеристик зовнішнього середовища. Крім того, виділено емерджентні властивості рою як цілісної самостійної структури. Генетичний код розглядається на основі лінгвістичних змінних, що дозволяє обробляти інформацію, як при роботі з текстом.

Ключові слова: генетична інформація, генетичний код, геном, когнітивна технологія, адаптація, еволюція, онтологія, модель, ройовий алгоритм.

Вступ

В умовах зростання обсягу інформації та її нечіткості традиційні підходи до вирішення складних завдань виявляються малоефективними. У такому разі когнітивні, або пізнавальні, інформаційні технології дозволяють отримати хороший результат для опису слабкоструктурованих систем та багатоаспектних процесів.

Перспективним напрямом вирішення складних завдань оптимізації є евристика, механізм якої представлено незалежною від проблеми алгоритмічною структурою високого рівня у вигляді набору управляючих принципів або стратегій. Необхідно відзначити, що сьогодні є актуальним і набуло широкого застосування спостереження за природними нейронними мережами, соціальними формами існування, популяціями та видами.

В інформаційних технологіях вивчення таких процесів дозволяє прискорити розвиток, створення та використання механізмів обробки інформації на базі метафоричних алгоритмів (метаевристики або метафори), які є результатом вивчення за тривалим еволюційним відбором у природі.

Актуальність завдання у рамках Data Science and Advanced Analytics (дослідження визначення генів у генетичній оптимізації в межах ройових технологій) визначається розширенням онтології оптимізації, забезпеченням можливості вдосконалення пошуку оптимального управління метафоричними технологіями завдяки більш повному використанню генетичної інформації ройових часток.

Аналіз наукових публікацій

Одним з основних напрямів розвитку сучасних інтелектуальних інформаційних систем є розробка нових підходів представлення та інтеграції знань. Визначення оптимального рішення зводиться до розв'язку великої кількості прикладних задач; наразі при вирішенні задач оптимізації найчастіше використовують нові методи, які відносяться до області штучного та ройового інтелекту [1, 2].

Сьогодні для опису понять предметної області (ПО) широко застосовується онтологічний підхід, оскільки онтологічні специфікації дозволяють задавати точну семантику прикладної області об'єктів та визначати їхній контекст. Створення загальнодоступних онтологій понять ПО дозволить вирішити проблему неоднорідності онтологічних специфікацій для груп агентів [3, 4].

Приєднані інформаційні простори базуються на різному поданні інформаційного об'єкта та дозволяють його моделювати і порівнювати, а також вводити відношення еквівалентності на сукупності моделей об'єкта та процесів його створення, що і визначає розширення онтології та забезпечує можливість точної формалізації [5, 6].

Основну складність при проектуванні та реалізації когнітивної технології викликає необхідність забезпечення правильної послідовності взаємодій між різними процесами, а також координації розподілення ресурсів [7, 8]. Розпаралелювання ресурсів визначає рівні завдань, окремих процедур та інструкцій і є потоком інструкцій.

Зазначимо такі особливості інформаційного ресурсу інформаційного середовища:

- факт індивідуальної та колективної творчості;
- з розвитком когнітивних технологій знання зберігаються та збільшуються;
- це не самостійний ресурс, і сам по собі він має лише потенційне значення;
- існує інформаційний об'єкт оточення, інформаційна взаємодія з яким визначає межі інформаційного середовища;
- це середовище, для якого характерні процеси отримання знань або їх синтезу;

— інформаційний ресурс, який є еволюційним результатом середовища у вигляді синергетичного процесу утворення нових структур інформаційних середовищ.

Генетична оптимізація (ГО) базується на теоретичних досягненнях синтетичної теорії еволюції, що враховує механізми успадкування ознак у природних та штучних популяціях [9–12]. ГО відрізняється від інших чисельних методів оптимізації наступним:

— понятійним апаратом:

- їжа — все, що в просторі існування не призводить до погіршення стану частки рою (ЧР);

- хижаки — все, що в просторі існування призводить до погіршення стану ЧР;

- голод — ступінь відповідності значень параметрів існування ЧР в межах допустимих значень;

— колективним пошуком екстремуму показника пристосованості ЧР завдяки її існуванню в межах популяції:

- усереднений коефіцієнт розмноження розглядається як єдиний і універсальний критерій пристосованості популяції до умов проживання;

- індивідуальна пристосованість ЧР — це внесок у наступне покоління (чим більше нащадків ЧР будуть репродуктивного віку, тим більше членів популяції майбутнього покоління нестиме її алелі). Пристосованість розглядається як міра впливу генотипу на можливість пристосовуватись у майбутньому:

- способами подання генетичної інформації;

- генетичними операторами;

- переважним розмноженням найбільш пристосованих особин: застосування принципу переважного права розмноження найсильніших більш пристосованих особин призводить до того, що розмножуються самі ЧР і гени, які вони представляють. Гени борються один з одним за виживання; сильні витісняють з генофонду популяції слабких.

Основні кроки роботи методу такі:

— створення початкової популяції;

— виявлення лідерів рою;

— переміщення особин рою у просторі допустимих рішень щодо лідерів.

У когнітивних технологіях синтез нових понять та визначень може бути реалізований за допомогою метафоричної оптимізації при відповідному визначенні ЧР, який належить до методів ройового пошуку глобального екстремуму [13–15].

Переваги і специфіка онтологічного підходу — це забезпечення гнучкого моделювання даних і семантичних технологій, що дозволяє виконувати аналіз неструктурованої інформації та інтелектуальний пошук даних з різномірних джерел; машинне навчання, що забезпечує аналіз та класифікацію даних в умовах неповної інформації, керованих знаннями; забезпечення постійної генерації нових знань; аналіз даних. Так, онтологічні методи досліджень наведені в рамках інженерії знань, у data mining, у навчанні нейромереж, в автоматизації оцінювання знань та штучному інтелекті (кластеризація знань).

Опис проблеми

Необхідно на основі дослідження співвідношення когнітивних і семантичних процесів рою часток визначити процедуру утворення нових понять за допомогою когнітивних інформаційних технологій ПО в контексті реальності й умовності. При цьому події враховуються в залежності від онтологічного статусу в ПО, визначеного онтологічно і гносеологічно, з метою побудови математичних моделей ГО рою часток у метафоричних алгоритмах як елемента інтелектуальної системи.

Мета дослідження — вирішення проблеми інтеграції неоднорідної інформації шляхом специфікації конкретних понять ПО з подальшою перевіркою і відображенням їх розуміння та обґрунтування адаптивного онтологічного аналізу управління ройовою технологією на основі генетичних методів для організаційно-технологічної оптимізації за умови, що початкова базова технологія допускає еволюцію і розпаралелювання процесів реалізації на заданому факторному просторі та заданих допустимих значень величин.

Постановка задачі

У межах онтології ПО на основі джерел та системи ознак когнітивної інформації необхідно визначити: формалізації когнітивних інформаційних технологій ГО рою часток у метафоричних алгоритмах; побудову популяцій, схрещування та мутації в адаптивному управлінні ройовою технологією з метою організаційно-технологічного обґрунтування за умови, що базова технологія допускає розпаралелювання процесів реалізації на заданому факторному просторі та заданих допустимих областях зміни величин.

Основні результати

Розглянемо лінгвістичний опис генетичного коду як моделі та механізму створення, обробки, передачі та зберігання інформації; ген і геном можуть бути розглянуті як текст або мова. При цьому загальною основою для комунікації є текстова організація сигналів, що дозволяє розрізняти та описувати відношення, характерні для знакових систем (дихотомія мови, довільність знаку, контекстна залежність, полісемія та синонімія, синхронія та діахронія), та принцип контекстної залежності. Таким чином, обробка генетичної інформації може розглядатися як операції з написання, читання та редагування тексту.

Генетичний код має фундаментальні властивості, які не характерні для формальних мов, проте теорія комунікації може доповнити розуміння інформаційних процесів, що відбуваються. Під час комунікації інформація структурується з урахуванням функціонально-сміслових показників і значних змін початкових одиниць та їхніх комбінацій, що формують текст. Інформативна одиниця комунікації — це цілісна структура (текст), яка з погляду якісних суттєвих показників інформації виступає формою її організації, тобто існують механізми структурування процесів, пов'язаних з генетичною інформацією.

Ген частки є структурною, функціональною та інформаційною одиницею спадковості, несе інформацію про певну ознаку або функцію і реалізується на рівні фенотипу та базової інформації для подання ЧР як $\{ Ont_i — онтологія, Inf_i — інформаційний простір, Lp_i — поле задач, Cc_i — технології інформаційного обміну \}$.

До функцій ЧР відносяться [13]:

- функція суміжності ЧР за їх взаємним розташуванням;
- функція інформаційного взаємозв'язку між частками в певний момент часу;
- функція горизонту відбору інформації часткою;
- функція визначення j -ї частки через i -ту частку, якщо вони пов'язані; одна ЧР сприймає (моделює) іншу ЧР як свій образ або зв'язок у напрямках харчування (наявність їжі або хижака) або за статевою залежністю (потяг, відторгнення);
- функція корисності знаходження частки в даному положенні в певний момент часу, суть передісторія задоволеності ЧР; у кожній ЧР своя передісторія та найкраще значення функції корисності, що визначається логікою когнітивного правила оновлення в результаті модифікації завдяки обміну інформацією з іншими ЧР кращими знайденими рішеннями;

— функція активності життя та розмноження, що визначає етапи та граничний час існування ЧР, старіння та скінченність існування; у ГО, нарівні з відбором у батьки, набуває актуальності відбір за генетичною елімінацією (найчастіше ЧР, які мають низьку пристосованість, не беруть участі у генерації нового покоління, а елімінуються з популяції на поточному етапі еволюції).

Визначимо рій часток через його властивості. Фундаментальна властивість рою — когнітивність: інформаційний обмін між частками, що поєднує їх у рій, реалізує для ЧР асиметрію інформаційного обміну, функцію інформаційної зв'язності та функцію інтенсивності обміну інформацією між суміжними частками при ненульовому значенні ройової функції між ними (рис. 1; рій як цілісна структура).

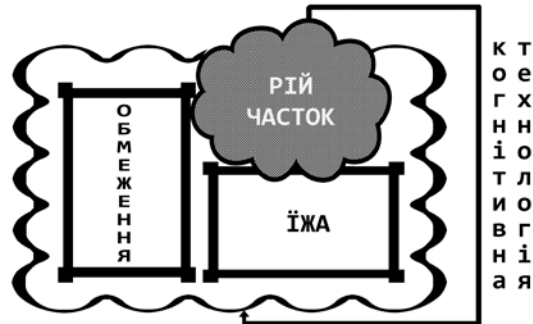


Рис. 1

Рій — це структурована сукупність типів поведінки скупчення ЧР (за поляризацією) у динаміці: вільна частка — частка в скупченні — частка в рої як у поляризованій конгломерації (скупченні) часток; обтікання перешкод; мурмурація; кручення; поляризація руху ЧР (рух суміжних ЧР співспрямований).

Форма рою визначається через опосередкований обмін інформацією між ЧР, як внутрішньою, так і зовнішньою відносно рою, що розширює горизонт збору інформації. Внаслідок цього під час міграції опір середовища для рою зменшується, а отже, зменшується і його вплив на кожну частку порівняно з вільним переміщенням.

Концептинг — це діяльність з формального опису аспектів простору параметрів ЧР з метою забезпечення існування та комунікації, створення єдиної смислової рамки. Концепт містить базові компоненти (образ, інформаційний зміст та інтерпретаційне поле) і відображає універсальні знання та суб'єктивний досвід. Уявлення — це форма фіксації колективного досвіду ЧР у метафорах мови: кількісний і структурний аналіз. Між уявленням і концептом є різниця. Концепт — це структуроване знання про об'єкт або явище, що вирізняється глибиною, всебічністю охоплення, включає водночас як значущу, так і максимально можливу інформацію чуттєвого, інтелектуального та образного характеру, тоді як уявлення — це перше наближення до змісту концепту, більшою мірою схильне до змін. З огляду на це саме концептуальний аналіз за своєю глибиною і всебічністю наближається до феноменологічного аналізу. Процес концептуалізації спрямований на відокремлення мінімальних змістовних одиниць досвіду та структур знань, а процес категоризації — на об'єднання подібних або тотожних одиниць у категорії. Властивості категоризації в природних мовах, включно з прототипністю і метафоричністю, наслідують стадії генерації та еволюції знання, представленого у вигляді класифікаційних систем, словників, тезаурусів та інших видів онтологій з різним ступенем формалізації методів представлення знань.

До властивостей гена ЧР відносяться:

- дискретність (незмішуваність генів);
- стабільність (здатність зберігати структуру);

- лабільність (здатність багаторазово мутувати);
- множинний алелізм (гени існують у популяції в безлічі форм);
- аельність і поліморфізм (у генотипі є тільки дві форми гена);
- специфічність (кожен ген кодує свою ознаку);
- плейотропія (множинний ефект гена);
- експресивність (ступінь виразності гена в ознаці);
- пенетрантність (частота прояву гена у фенотипі);
- ампліфікація (збільшення кількості копій гена);
- тип (структурні та функціональні гени; стабільна регуляція функції гена забезпечується структурними та регуляторними генами; якщо середовище стабільне, регуляторні гени гальмують структурні).

Геном рою — це сукупність спадкового інформаційного матеріалу в генах ЧР. Сукупність генів частки (генотип) у сукупності з факторами довкілля визначають фенотип часток. Категорія, що породжується вектором змінних ГО, — це категорія, породжена генотипом зі статусом генетичної інформації. По-перше, її достатньо для побудови самого рою, а по-друге, вона є вихідним матеріалом під час генерації генотипів об'єктів наступного покоління [15–17].

Ген рою — це сукупність та структура спадкового інформаційного матеріалу, укладеного в генах часток, необхідного для побудови та підтримки рою (структурований генотип).

Визначимо властивості гена рою.

Ген рою — це панген, що визначає поняття рівня організації геному до лінгвістичного відношення «перебувати–включатися».

Мутація гена: у рої є кілька різних алелей гена, визначених природним відбором і генетичним дрейфом.

Експресія генів — це процес, у ході якого спадкова інформація від гена перетворюється на функціональний продукт. Експресія генів є субстратом для еволюційних змін рою, оскільки контроль над часом, місцем та кількісними характеристиками експресії одного гена може мати вплив на функції інших генів загалом. У процесі генетичної експресії лише на рівні мови еквівалентне твердження «Частка рою постає як упорядкований набір варіантів, які замінюють один одного залежно від їхніх локалізацій». Це можна розглядати як макроконтекстну залежність у лінгвістиці (абстрактний елемент мовної системи): фонема чи морфема, залежно від позиції, по-різному актуалізується у мові, зберігаючи смислову та функціональну ідентичність.

Нейромережа рою — це інформаційна мережа будови та функціонування рою, що реалізує когнітивні властивості завдяки нейропластичності та активізації нейронних мереж.

У рої потоки інформації передаються паралельно багатьма каналами, що уможлиблює опис генетичних інформаційних процесів як лінгвосеміотичних за своєю природою. Протиставлення мови математичної лінгвістики і мови стосовно ЧР, що проявляється як розмежування генів, є суттєвим для кодування характеристик при розпізнаванні. Структурна та семіотична організація генетичного коду рою може бути описана як прояв різних форм контекстної залежності, яка стосовно генетичного коду набуває форми регульованої позиційної залежності, подібної до слова та семантико-синтаксичної функції. Таким чином, відмінності між позиціями в рої можна розглядати як семантичні, структурні та синтаксичні, а до генетичного коду можна застосувати подвійне відношення — семіотичне та структурне.

Грамматика генетичного коду — це наявність контекстуальної та позиційної залежності, тобто семантико-синтаксична категоризація гена визначається виклю-

чно контекстуально, а саме — залежно від позиції у складі структури вищого рангу (ройового гена). Особливість генетичного коду в тому, що один ген залежно від позиції в порядку, категорії та контексту набуває різних функцій.

Кодування інформації в ЧР визначається лінгвoseміотично завдяки довільності кодуючих генів, контекстної залежності, лексико-семантичних відношень і текстуальності.

Інформаційний концепт — це поняття, що формується спільністю сприйняття явища ЧР. Знання формалізується в межах моделей поведінки (правил прийняття рішень), що додатково виконує роль отримання нових знань. При цьому когнітивні інформаційні технології включають:

- процеси навчання у ПО;
- когнітивні технології як адаптації у ПО;
- когнітивні технології та динаміки проблематики ПО.

Їхня суть — встановлення відношень інформаційного об'єкта ЧР з онтологією простору існування. Достовірність та актуальність даних ЧР є фундаментальними поняттями, зокрема в більш широкому розумінні, ніж в інформатиці. Під актуальністю даних з точки зору рою мається на увазі здатність підвищити достовірність всієї сукупності даних через тенденцію розвитку рою в цілому. Процедура, яка істотно впливає на актуальність даних рою, — їх глобалізація, зокрема, робить загальнодоступними дані, отримані як у межах даного рою, так і через їхню трансляцію з інших роїв завдяки генним міграціям.

Когнітивні метафори, що підтримують концепт значущості, становлять асоціативні характеристики концепту, ґрунтуються на відношеннях в інформаційному просторі, таких як доступність, достовірність, повнота, точність, актуальність та корисність інформації, формують межі природничо-наукового утворення понять і забезпечують цілісність тексту генотипу рою в аспекті узгодження його формальної та смислової структур. У підсумку це приводить до формулювання поведінки, що найточніше відображає семантику складного об'єкта рою часток.

Визначимо структуру рою, спираючись на стратифікацію і породження еліти. На рис. 2 зображено структуру рою часток: 1 — ЧР на границі; 2 — ЧР еліти; 3 — власні ЧР; 4 — елімінатні ЧР.

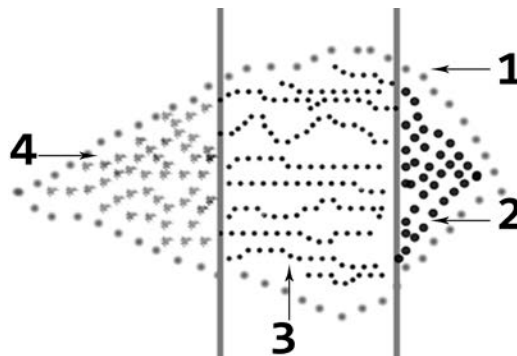


Рис. 2

Розглянемо відношення, що формують структуру рою.

Відношення «злипання» ЧР такі:

- область визначення злипання (різні або однакові суміжні ЧР);
- область значень злипання (сукупність дуплетів ЧР);
- темпоральність злипання (нарощування конгломерату над дуплетом час-ток або розпад дуплета, відхід ЧР з рою через тривалий голод);
- структурні конгломерати всередині рою;

— структура рою часток на кшталт «гігантської зграї щурів» (визначена низькою обумовленістю ЧР чи розмитістю правил переходу через слабку визначеність розподілу властивостей, що підтримують існування рою).

Відношення «значущості» ЧР такі:

- суть (ступінь обліку інформації ЧР, що визначає поведінку рою в цілому);
- облік передісторії функціонування рою через порушення гомогенності за значущістю та утворення еліт як підріів;
- ройові зв'язки всередині рою, що утворюються завдяки топології та бінарним відношенням рою на умовах еліт;
- відношення, що задаються елітами (кастами) рою як спосіб збільшення ефективності функціонування рою та його окремих часток;
- лідерство, еквіпотенційність та ієрархія ЧР;
- відношення об'ємної структурованості рою внаслідок того, що в залежності від значущості ознаки ЧР одна і та ж частка матиме різний за величиною окіл обумовленості, завдяки чому рій структурується, змінюючи щільність залежно від розміру ЧР та локальної структури, що ґрунтується на граничному заповненні об'ластей у рої;
- локальна дивергенція руху конгломератів рою та механізм роїння як його реалізація;
- глобальна дивергенція руху локалізації рою та механізм обтікання границь як його реалізація;
- сукупність порогів чутливості, класів функцій чутливості, допусків локації часток щодо рою (це і є механізм їх відбору та вибраковування відносно приналежності до рою);
- відношення традиції поведінки рою часток через збереження трендів структурування еліт ЧР та їхніх кластерів.

Зазначимо властивості еволюції рою часток:

- напрямок еволюції: конгломерат (асоціація); проторій; рій;
- механізм відбору формування рою з часток з максимальною корисністю для нього з подоланням обмеження еволюційної спадковості;
- механізм збереження еліт у рої:
 - анонімія часток у рої у межах кластера;
 - генерація початкової вибірки: механізм селекції (як батьків вибирають найкращих) — невдалі рішення у фенотиповому відношенні відкидають на поточно-му кроці еволюції.

Рою притаманні емерджентні властивості:

- існування хвиль збудженого стану рою часток (трафальгарський ефект) на основі імітаційного рефлексу;
- хвилі збудження та процес поділу рою як носія часток для маневру обтікання (ухилення) хижака або виконання повороту рою цілком;
- існування потоку руху як узгодженого руху локальної сукупності ЧР, загасаючого або лавиноподібного;
- існування протокооперації як форми групового оптимального розв'язання задач ройовим методом;
- інерція рою як умовне рефлекторне тло на основі індивідуального досвіду (пам'яті часток) або наслідування;
- наявність властивості, що ідентифікує належність частки до рою, заснована на властивостях рою;
- внутрішні конкурентні сигнали в рої (голосування, роїння);
- оптимізація процедури вибору напрямку тренду рою чи перетворення форми ЧР як основне завдання механізму управління.

Розглянемо основні поняття середовища існування рою. Середовище проживання рою визначається наявністю:

- в довір'ї трьох типів часток: їжа, рої, хижаки;
- локації значень властивостей довір'ї, що підтримують рій, параметри довір'ї, домінанта кормового ланцюга;
- їжі для рою як властивості простору;
- локації значень антагоністичних властивостей довір'ї щодо рою; зовнішня еволюція рою: агресивність середовища, хижаки (одинаки та зграї, голод як тотальний хижак за простором);
- локації значень факторів зростання чисельності рою в його околі; нестійкість сукупності популяцій однією ЧР у просторі;
- функції деградації середовища через рій та його окол; внутрішній хижак рою — хвороби, конкуренція;
- функції дифузії рою у просторі (набуття знань — функціонування — зростання — роїння — зникнення) через внутрішню еволюцію рою (хвороби, канібалізм) та динаміку його генетики.

Отже, генетична оптимізація рою часток у метафоричних алгоритмах в кожному момент часу моделюється наступним чином: $\{f_i\}_{i \in I}$ — функції від ЧР; $\{R_j\}_{j \in J}$ — відношення структури ЧР; $\{CP_k\}_{k \in K}$ — ЧР.

$$\forall i, j, k \{R_j\}(\{CP_k\}) = \{R_j(CP_k)\}_{j, k},$$

$$\forall i, j, k \{f_i(R_j(CP_k))\} = \{Im f_i : (f_i(R_j(CP_k)))\},$$

$\max_{\{R_j\}} \min_{\{f_i\}} \prod_i f_i(R_j(\{CP_k\}))$ — критерій генетичної оптимізації.

Висновок

У статті проведено:

- онтологічний аналіз когнітивних інформаційних технологій ПО з метою побудови класифікаторів для формалізації описів;
- визначення формалізації когнітивних інформаційних технологій для ЧР у межах онтології ПО на підставі джерел та системи ознак когнітивної інформації;
- процедури моделювання співвідношення когнітивних і семантичних процесів та побудови діалогової трансформації інформаційного середовища ПО для утворення нових понять і визначення інформаційного простору на основі когнітивних технологій.

Крім того, визначено наступне:

- сімейство рішень, засноване на метафорі деякого природного чи штучного процесу щодо сукупності з урахуванням еволюційного походження рою часток на основі базової інформації та приєднаних інформаційних просторів, що породжує рішення як максимально загальне базове за критерієм корисності;
- поняття генетичного коду рою як результату еволюції, що приводить до появи різних його варіантів, зміни механізмів організації, що наближують мову генів до природної мови, та на його основі описано підхід отримання необхідної вихідної інформації, яка забезпечує об'єктивні характеристики структури інформаційних об'єктів, що змінюються в часі;
- генетична оптимізація рою часток у метафоричних алгоритмах дозволяє ефективно будувати нечіткі класифікатори, на основі яких визначаються області максимального збігу понять, нечітких прототипів понять передбачуваного нечіткого кластера даних функціонування базового визначення на основі базової інформації для рою;

— варто дослідити адекватність застосування ГО до різних рівнів складності задач;

— перевагою представленого підходу до моделювання генетичного коду рою є можливість включення до структури додаткових ознак, що дозволяють уточнити клас рою, який описує ПО, та підвищити достовірність розв’язання задач метафоричної оптимізації.

O. Gorda, Yu. Ryabchun

GENETIC OPTIMIZATION OF PARTICLE SWARM IN METAPHORICAL ALGORITHMS

Olena Gorda

Kyiv National University of Construction and Architecture,

anaelg@ukr.net

Yulia Ryabchun

Kyiv National University of Construction and Architecture,

super.etsy@ukr.net

A promising direction for solving complex optimization problems is heuristics, the mechanism of which depends on the problem of high-level algorithmic structure as a set of control principles or strategies for developing a metaphorical optimization algorithm, in particular swarm methods. Information technologies that study the evolutionary processes of optimization can accelerate the result by using algorithms and information processing mechanisms that have undergone a long selection in nature. The article considers and defines the procedure for forming and determining the methods of genetic optimization in swarm technologies, its features and composition, differences from the usual procedure, and proposes and describes an approach to their study. The object of research is the procedure of forming swarms of particles in cognitive technologies of metaphorical optimization. The main difference of the analysis, the results of which are presented in this paper, is the cognitive-semantic analysis based on the definition of the information interaction of the object's environment with the subject and the construction of ontological constructions of the swarm as a genome, which was carried out for the first time. The mechanisms for obtaining a model of genetic optimization of a particle swarm in metaphorical algorithms can be used to create a new generation of artificial intelligence that learns as a neural network. The paper defines: the conceptual apparatus of genetic optimization; swarm as a structure formed by the cognitive abilities of particles; structural components of the swarm and the main classes of relations between them, taking into account the peculiarities of the evolutionary process and the characteristics of the environment. The emergent properties of the swarm as an integral independent structure are also highlighted. The genetic code is considered on the basis of linguistic variables, which allows processing information similar to working with text.

Keywords: genetic information, genetic code, genome, cognitive technology, adaptation, evolution, ontology, model, swarm algorithm.

ПОСИЛАННЯ

1. Glover F., Kochenberger G. Handbook of metaheuristics. New York : Kluwer Academic Publishers, 2003. 453 p.
2. Ahmed F. Ali, Mohamed A. Tawhid. A hybrid particle swarm optimization and genetic algorithm with population partitioning for large scale optimization problems. *Ain Shams Engineering Journal*. 2017. Vol. 8, N 2. P. 191–206. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2016.07.008>

3. Палагін О.В., Петренко М.Г. Модель категоріального рівня мовно-онтологічної картини світу. *Математичні машини й системи*. 2006. № 3. С. 91–104.
4. Лукашевич Н.В., Добров Б.В. Проектирование лингвистических онтологий для информационных систем в широких предметных областях. *Онтология проектирования*. 2015. № 1. С. 47–69.
5. Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: монографія. Запоріжжя : ЗНТУ, 2009. 375 с.
6. Чехарин Е.Е. Информационная модель семантического окружения. *Перспективы науки и образования*. 2014. № 4. С. 20–24.
7. Горда О.В., Цюцюра М.І. Когнітивні технології предметної області на основі онтології. *Управління розвитком складних систем*. 2023. № 53. С. 30–38. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.53.30-38>
8. Aivaliotis-Apostolopoulos P., Loukidis D. Swarming genetic algorithm: a nested fully coupled hybrid of genetic algorithm and particle swarm optimization. *PLOS ONE*. 2022. Vol. 23, N 17(9):e0275094. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275094>.eCollection 2022
9. Лисенко В.П., Решетюк В.М., Штепа В.М. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм: монографія. Київ : НУБіП України, 2014. 332 с.
10. Козлов Н.Н. Математический анализ генетического кода. М. : БИНОМ, 2015. 215 с.
11. Литвин В., Угрин Д. Методи ройового інтелекту розв'язання прикладних задач в геоінформаційних системах. *Information Systems and Networks*. 2020. N 7. С. 87–106. DOI: <https://doi.org/10.23939/sisn2020.07.087>
12. Чан Ук Ан, Їнён Ким, Хён Тэ Ким, Дон Хён Лим и Джинунг Ан. Гибридный многокритериальный эволюционный алгоритм: достижение баланса с локальным поиском. *Математическое и компьютерное моделирование*. 2010. Т. 52, № 11–12. С. 2048–2059.
13. Горда О.В. Метафори евристичної оптимізації в задачах будівництва. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2020. Вип. 99. С. 90–100. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2020.99.90-100>
14. Горда О.В., Рябчун Ю.В. Визначення ройових часток метафоричної оптимізації у когнітивних технологіях будівництва. *Міжнародний науково-технічний журнал Проблеми керування та інформатики*. 2023. № 4. С. 58–70. DOI: <https://doi.org/10.34229/1028-0979-2023-4-5>
15. Седов А.Е. Метафоры в генетике. *Вестн. рос. акад. наук*. 2000. Т. 70. № 6. С. 526–534.
16. Joshi M., Gyanchandani M., Dr. Rajesh Wadhvani. Analysis of genetic algorithm, particle swarm optimization and simulated annealing on benchmark functions. *5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCMC51019.2021.9418458>
17. Золян С.Т., Жданов Р.Г. Геном как информационно-семиотический феномен. *Философия науки и техники*. 2018. Т. 23. С. 88–102. DOI: <https://doi.org/10.21146/2413-9084-2018-23-1-88-102>

Отримано 05.10.2023
Доопрацьовано 23.10.2023