

О. В. БОНДАРЕНКО

НОВИЙ МЕТАЕВРИСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ «ПОШУК МОБІЛЬНІСТЮ»

Доведено актуальність сучасних метаевристичних алгоритмів, освітлено ряд термінів та взаємозв'язків між ними, необхідність проведення класифікації. Запропоновано підхід до класифікації метаевристичних алгоритмів, що базується на термінах та поділі категорій, взятих із природничих наук. Це дає змогу об'єднати певний сегмент знань у кластер з єдиною термінологією. Розглянуто категорію «метафора» та її функції при формуванні метаевристичних алгоритмів, це дало змогу глибше зрозуміти можливості використання метафор у науковій діяльності. Було запропоновано новий метаевристичний алгоритм «Пошук мобільності», який базується на діях та процесах, що подібні до процесів загальної соціальної та повсякденної мобільності людей, та сформовано його основні положення. «Пошук мобільністю» створює високий рівень самоорганізаційної системи пошуку параметрів, що відповідає загальним положенням синергетики в технічних системах. Описано метафору алгоритму «Пошук мобільністю». Розглянуто основні визначення та категорії. Це дає змогу якісного представлення, опису та донесення ідеї, принципів функціонування та послідовностей алгоритму. Як наслідок застосування метафори, отримуємо підвищення розуміння та інтенсифікацію донесення ідеї. Описано новий метаевристичний алгоритм «Пошук мобільністю», що базується на процесах, що копіюють соціальну мобільність людських спільнот. Також алгоритм «Пошук мобільністю» поєднує у собі й елементи модифікованого еволюційного алгоритму, що дає змогу максимально наблизитись до життєвого-соціального процесу більшої частини людства – прагнення зайняти кращу або не гіршу за поточну життєву позицію. Запропонований новий метаевристичний алгоритм «Пошук мобільністю» на етапі проведення тестових випробувань показав вищу ефективність ніж стандартні та модифіковані еволюційні алгоритми. Розширення останніх локальними пошуками у сукупності з використанням запропонованої стратегії, що є відображенням метафори, показало переважуючі результати.

Ключові слова: метаевристичний алгоритм, метафора, оптимізація, «Пошук мобільністю»

O. BONDARENKO

NEW METAHEURISTIC ALGORITHM «SEARCH BY MOBILITY»

The relevance of modern metaheuristic algorithms has been proven, a number of terms and relationships between them are illuminated, and a need for classification has been clarified. An approach to the classification of metaheuristic algorithms has proposed, based on the terms and division of categories taken from the natural sciences. This makes it possible to combine a certain segment of knowledge into a cluster with a single terminology. Considering the category of «metaphor» and its functions in the formation of metaheuristic algorithms, it made it possible to gain a deeper understanding of possibilities for using metaphors in scientific activity. A new metaheuristic algorithm «Search by mobility» has proposed, which has based on actions and processes similar to the processes of general social and everyday mobility of people, and its main provisions had formed. «Search by mobility» creates a high level of self-organizing parameter search system that corresponds to the general provisions of synergy in technical systems. The metaphor of the «Search by mobility» algorithm has described. Basic definitions and categories are considered. This enables a high-quality presentation, description and delivery of ideas, principles of operation and sequences of algorithms. Because of using a metaphor, we get an increase in understanding and intensification of conveying an idea. The new metaheuristic algorithm «Search by mobility» has described, which is based on processes that copy the social mobility of human communities. Also, the algorithm «Search by mobility» combines elements of a modified evolutionary algorithm, which allows to get as close as possible to the life and social process of most of humanity, that is the desire to take a better or no worse than the current life position. The proposed new metaheuristic algorithm «Search by mobility» showed higher efficiency than standard and modified evolutionary algorithms at the stage of conducting test trials. The extension of those evolutionary algorithms by local searches taken together with the proposed strategy, which is a reflection of the metaphor, showed the prevailing results.

Keywords: metaheuristic algorithm, metaphor, optimization, «Search by mobility»

Вступ. Актуальність задачі. Сучасні тенденції уваги до метаевристичних алгоритмів призвели до того, що вже на зараз розроблено приблизно півсотні алгоритмів, для яких були доведені раціональність використання та ефективність. Процес розробки, апробації, впровадження та адаптації для прикладного використання активно набирає обертів – ціла когорта нових метаевристичних алгоритмів стають на цей шлях. Це обумовлено високою ефективністю вказаних алгоритмів, що пов'язано з їх більш високим рівнем стратегічної організації.

Хвиля популярності серед «океану наукової моди», зацікавленості наукової спільноти та тенденція подання метаевристичних алгоритмів за допомогою метафор, можливості використання популярного стилю викладання та донесення матеріалу – все це сприяло активному формуванню позитивного відношення до, можливо, альтернативних класичним метаевристичних алгоритмів.

Огляд основних положень, що стосуються визначень та систематики, дадуть змогу зрозуміти роль та місце метаевристичних алгоритмів у потоці алгоритмізації. А розробка нових метаевристичних алгоритмів не тільки б дала змогу розв'язати ряд поставлених інженерних задач, а й підтримала б розвиток, популяриза-

цію та просування цього наукового напрямку

Таким чином, освітлення вказаних питань та розробка нового метаевристичного алгоритму є актуальною науково-практичною задачею.

Основна частина.

Метаевристичні алгоритми. Метафори. Щоб зрозуміти місце метаевристичних алгоритмів у потоці алгоритмізації треба, звернутись до загально-прийнятої класифікації алгоритмів [1]. Зважаючи на дану класифікацію, зазначимо, що метаевристичні алгоритми займають гілку дерева систематизації «Алгоритми – Недетерміновані – Стохастичні – Метаевристичні» (рис. 1).

З визначеннями термінів, що зустрічаються в даній вище класифікації, можна ознайомитись в [2]. В даній роботі нагадаємо визначення терміну «метаевристичні алгоритми».

Метаевристичні алгоритми комбінують методи пошуку локальних та глобальних розв'язків у абстрактні стратегії евристичної оптимізації задач. Саме префікс «мета» вказує на складність, тобто на «високий рівень» або «понад». Більшість таких алгоритмів базу-

ється на методах пошуку локальних розв'язків, тобто вони обчислюють деякий початковий розв'язок та покращують його іншими методами. Використовуючи комбінації та поєднання різних стратегій, такі алгоритми намагаються уникнути глухих кутів під час пошуку локальних мінімумів.

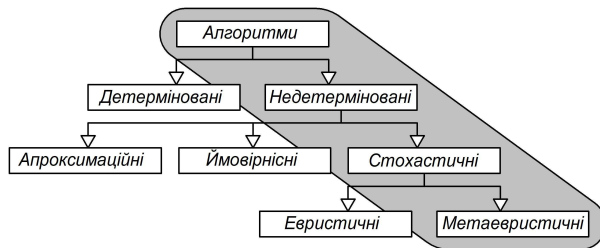


Рисунок 1 – Гілка дерева систематизації метаевристичних алгоритмів (виділено сірим)

Автори запропонували [2] підхід до класифікації метаевристичних алгоритмів, що базується на термінах та поділі категорій, взятих з природничих наук (рис. 2).

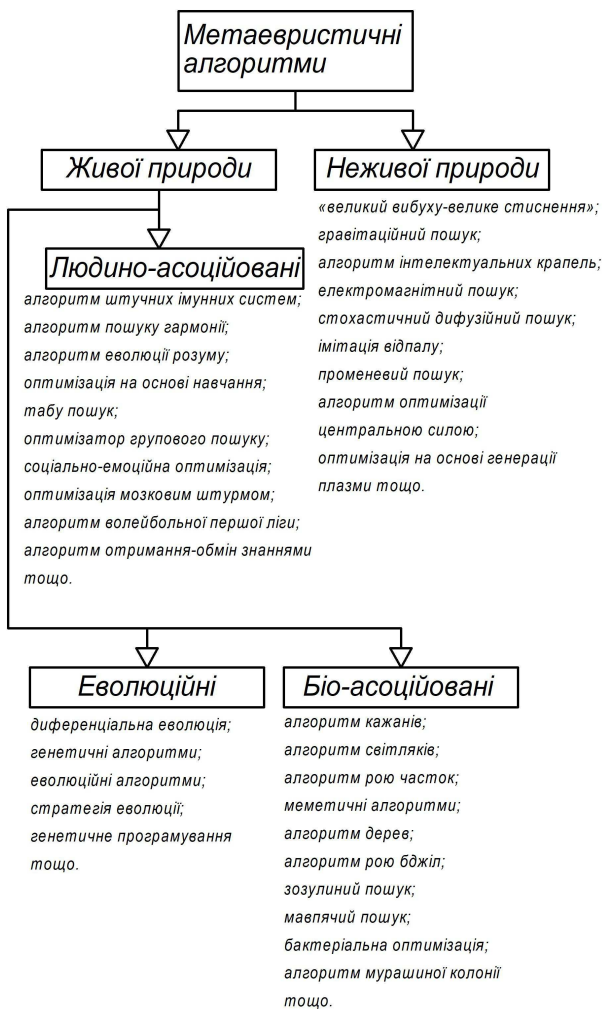


Рисунок 2 – Запропонований підхід до класифікації метаевристичних алгоритмів

Як зазначалося, основною формою представлення метаевристичних алгоритмів є метафора.

Метафора – мовне і мислене явище, що полягає в перенесенні властивостей одного предмета (явища, дії) та його мовного знаку на інший предмет (явище, дію)

за принципом аналогії або контрасту.

Використання метафори є хорошим способом для подання, опису та донесення ідеї, принципів функціонування та послідовностей алгоритмів.

Наслідками застосування метафор при метаевристичному алгоритмуванні є: допомога підвищення розуміння та інтенсифікація донесення ідеї до цільової аудиторії вже розробленого алгоритму чи стратегії пошуку оптимальних параметрів; розробка нових алгоритмів чи стратегій пошуку оптимальних параметрів.

Основні вимоги, що висуваються до метафор, та наслідки застосування метафор при метаевристичному алгоритмуванні можна побачити на рис. 3.

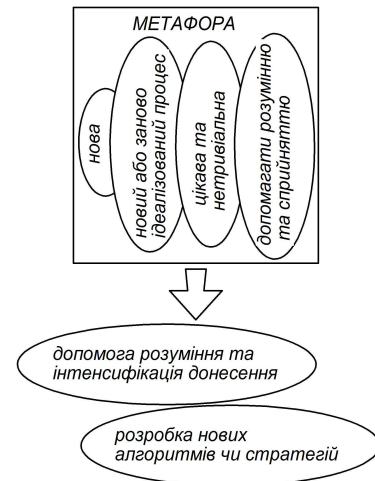


Рисунок 3 – Запропонований підхід до класифікації метаевристичних алгоритмів

Формування нового знання в системі «ідея-метафора-алгоритм» зображено на рис. 4.

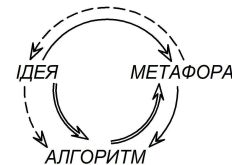


Рисунок 4 – Шляхи формування нового знання в системі «ідея – метафора – алгоритм»

Всі шляхи в наданій вище системі є рівнозначними, за умови, що вони на виході дають результативну раціональну методику пошуку кращого варіанту зі зручним і простим способом її пояснення та донесення.

Ряд останніх робіт автора були присвячені генетичним та еволюційним алгоритмам, їх модифікаціям та адаптації до розв'язання ряду прикладних задач знаходження оптимальних геометричних параметрів редукторів та коробок передач. Головним стрижнем цих алгоритмів є так звана ЛПт -послідовність, яка використовувалася на декількох етапах для підвищення рівня випадковості та рівномірного розподілення пробних точок при дослідженні багатовимірного простору параметрів. Отримані модифіковані еволюційні алгоритми показали гарну ефективність при практичному використанні.

Але, з кожним новим варіантом більш високої ступені модифікації еволюційних алгоритмів, автору

ставало зрозуміло, що вони поступово наближаються до межі між евристичними та метавристичними алгоритмами.

Аналіз літературних джерел, які присвячені метавристичним алгоритмам, дав змогу ознайомитись з прогресивними світовими тенденціями, а також показав їх сильні та слабкі місця.

У природному прагненні досягти більш якісного результату було прийнято рішення перейти у дослідженнях до класу метавристичних алгоритмів. Окремі положення попередніх наробок при цьому активно використовуються, а ступінь «мета» досягається певною «надбудовою» локальних пошуків та вищим ступенем організації системи алгоритму.

Логічним продовженням роботи було оформлення загальної концепції алгоритму та його окремих складових елементів, що становить *мету роботи*.

Основні положення нового метавристичного алгоритму. У підсумку, автором були сформовані основні положення нового метавристичного алгоритму, який був названий «Пошук мобільністю», завдяки якому створюється високий рівень самоорганізаційної системи пошуку параметрів, що відповідає загальним положенням синергетики в технічних системах.

У відповідності до назви, алгоритм «Пошук мобільністю» базується на діях та процесах, що подібні до процесів загальної соціальної та повсякденної мобільності людей.

Повертаючись до запропонованої класифікації метавристичних алгоритмів та виходячи з назви, «Пошук мобільністю» будемо відносити до алгоритмів класу живої природи, підкласу людино-асоційовані.

Також зазначимо, що формування нового знання (див. рис. 4) відбувалося за напрямом «ідея > алгоритм > метафора».

Окремо зауважимо, що дана метафора була акцентована автором на тлі активних процесів *геноцидної військової агресії росії* проти України. *Рашизм* призвів до колосальних людських жертв серед українців, десятки тисяч загинули, а мільйони людей в Україні були вимушені покинути свої домівки та змінили свій соціальний статус, вони стали зовнішньо- чи внутрішньо-переміщеними особами, як по своїй волі на прифронтових територіях, так і з примусу агресора на окупованих територіях...

Наслідуючи вже сформовані правила викладання подібного теоретичного матеріалу, наступним етапом є опис метафори алгоритму, що дасть змогу в подальшому використовувати її положення, категорії і терміни.

Метафора алгоритму «Пошук мобільністю». Для того, щоб зрозуміти картину метафори, розглянемо декілька визначень та категорій.

Соціальна стратифікація [3] – це структурована нерівність цілих категорій людей (страт), які через нерівний статус у соціальній ієрархії мають різний доступ до соціальних благ. Для сучасних суспільств характерна стратифікація на класи.

Клас – це сукупність індивідів, які мають подібний соціальний статус та вирізняються певними культурними особливостями стилю життя і світосприйняття, позитивно чи негативно оцінюються з огляду на авторитет і престиж. Сучасні розвинуті суспільства

рухаються до меритократії (від англ. «заслуга») – соціальної стратифікації, заснованої на особистих заслугах.

Визначити класи будь-якого суспільства важко через відносно низький рівень статусної узгодженості. Оцінка, здійснювана за одним виміром, іноді суперечить оцінці за іншим. Особливо це стосується середнього рівня ієрархії. Ще сильніше розмиває межі між класами соціальна мобільність, яка означає, що соціальне положення людини може змінюватися протягом її життя. Тому дуже часто соціологи [4], коли характеризують систему стратифікації у своєму суспільстві, використовують трикласову схему та, відповідно, такі назви як «вищий клас» (багаті), «середній клас» (заможні), «нижчий клас» (бідні) (рис. 5).

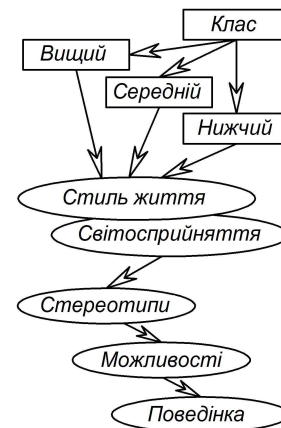


Рисунок 5 – Соціальна класова стратифікація

Вищий клас є найбільш привілейованим класом, де перехрещуються багатство, влада і престиж. При цьому влада використовується для маніпулювання та перетворення власного статусу в наслідний для нащадків. Цей клас залишається відносно стабільним, соціологи вказують, що індекс його відтворення становить близько 90%. Отже, вищий клас має тенденцію до спадкоємності.

Середній клас об'єднує в собі досить різні і відмінні прошарки, але загалом вони представлені наступними основними категоріями – це власники матеріального капіталу (дрібна буржуазія), власники інтелектуального капіталу (менеджери, службовці, інтелігенція, вчені, інженери), робітники із високою кваліфікацією та фермери. До середнього класу здебільшого належать люди зі здобутим статусом, який неможливо в повному обсязі відтворити у нових поколіннях. Середній клас розглядають як гарант стабільності суспільства.

Нижчий клас – «бідні», «малозабезпечені», «сім'ї з низьким доходом», до них відносять пенсіонерів, інвалідів, безробітних, багатодітні і неповні сім'ї, дітей-сиріт, людей з низькими доходами. Європейська комісія зараз визначає бідних, як «існуючих менш ніж на 50% середнього доходу».

Розрізняють абсолютну і відносну бідність. Межа бідності вказує на абсолютну бідність і вираховується по трьох критеріях: їжа, одяг і житло. При цьому враховуються лише мінімальні потреби, необхідні для фізичного виживання, та не враховуються інші потреби – транспорт, зв'язок, відпочинок

тощо. Відносна бідність означає такий стан, коли людина не в змозі мати те, що споживацька індустрія рекламує як відображення «нормального» (загальноприйнятого) способу життя.

Цікаво дослідити соціальну стратифікацію України. В залежності від критеріїв стратифікації [5–11] подається декілька варіантів.

Відповідно до стратифікації за моделлю Голдтропа, в Україні наймасовішим є робітничий клас. Цей клас становить 51–55 % всього зайнятого населення України. Службовий клас становить майже 30 % зайнятого населення. Частка проміжного класу, якому властивий змішаний тип відносин зайнятості, дорівнює близько 14 %. Частка власників, представлених в цій схемі дрібною буржуазією, залишається в межах 2–5 %.

Відповідно до неомарксистської класової схеми стратифікації Е. О. Райта, розширений робітничий клас становить більшість (75–77 %). При цьому класи, що протистоять йому, – розширений клас менеджерів (7 %) і клас власників (2–5 %), у сумі становлять десятку частину зайнятих. Частка проміжного класу (експертів-професіоналів, кваліфікованих супервайзерів і некваліфікованих менеджерів) наближається до 14 %.

Класова структура українського суспільства за схемою Г. Еспін-Андерсена відображає домінуючу фордистську класову ієрархію, яку уособлюють працівники традиційних галузей економіки (виробництво, транспорт, будівництво, торгівля). Вона охоплює понад половину (52–60 %) зайнятого населення. Постіндустріальна ієрархія, яка включає працівників нових різновидів сфери послуг, об'єднує 32–36 % респондентів. Первинний сектор, представлений працівниками сільського, рибного і лісового господарств, обіймає 8–12 % зайнятого населення.

Загальна думка соціологічних дослідників показує, що в українському суспільстві сьогодні до вищого класу можна віднести 1–3 % загальної чисельності населення, середнього – 5–7 %, нижчого – 90 % і навіть більше.

За даними моніторингового проєкту «Європейське соціологічне дослідження» (2005 р.) в Україні до класу буржуазії можна віднести 1,5 % населення, до дрібної буржуазії – 0,8 %, до менеджерів – 12,8 %, до робітничого класу – 84,9 %.

Для прикладу, соціальна стратифікація в США [4] показує наступні показники: до вищого класу можна віднести 6 % загальної чисельності населення, середнього – 80 %, нижчого – 14 %. Таким чином, США та Україна стоять на протилежних позиціях стосовно середнього та нижчого класів.

В світовій стратифікації суспільства ситуація дещо усереднена: чисельність середнього класу в соціальній структурі розвинених суспільств: 60–80 % всього населення, тоді як вищий клас становить приблизно 10–20 %, а нижчий – 10–20 %.

Класова належність формує певні стиль життя і світосприйняття.

Стиль життя – це зразки і моделі споживання матеріальних, соціальних і культурних благ; певний смак і навички дотримуватися правил і ритуалів, що регулюють повсякденне життя. Стиль життя відображає статус людини. Зі способом життя напряду

пов'язане класове *світосприйняття*, яке характеризується певними *стереотипами*, а, відповідно, можливостями та поведінковими особливостями.

Соціальна мобільність – це процес переміщення індивідів між функціонально та ієрархічно організованими елементами соціальної структури.

Структурна соціальна мобільність – це зміна в соціальному становищі великої кількості людей завдяки змінам, які відбуваються в суспільстві, а не індивідуальним зусиллям.

Всі страти суспільств в тій чи іншій мірі є проникними для руху індивідів, але переважно цей процес проходить з обмеженнями.

Соціальна мобільність розділяється на види (рис. 6): внутрішньопоколінна і міжпоколінна; горизонтальна і вертикальна (висхідна і низхідна).

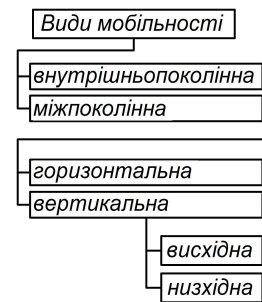


Рисунок 6 – Види мобільності

Внутрішньопоколінна мобільність – це зміна соціальної позиції, яка відбувається протягом життя людини (соціальна кар'єра).

Міжпоколінна мобільність – це соціальна мобільність дітей порівняно з їх батьками. Вона передбачає можливість пересування дітей на більш високу або більш низьку сходинку соціальної позиції відносно батьків.

Вертикальна мобільність являє собою переміщення з однієї страти (верстви, класу) в іншу. Залежно від спрямованості переміщення вертикальну мобільність поділяють на висхідну і низхідну.

Горизонтальна мобільність являє собою переміщення в рамках груп, що утворюються на підставі номінальних параметрів, тобто розташованих на однаковому рівні (зміна віросповідання, громадянства, сім'ї, професії, політичної орієнтації) і не призводить до зміни класової належності. Різновидом горизонтальної мобільності є міграція – переміщення з одного місця проживання чи роботи в інше при збереженні попереднього статусу.

Мобільність графічно представлена на рис. 7.

Соціальна мобільність здійснюється по каналах – так званих «соціальних ліфтів». На таких каналах застосовується принципи селекції, які виконують функції стратифікаційних бар'єрів. Вказані бар'єри називають «соціальними фільтрами» або «соціальними ситами».

Серед факторів соціальної мобільності найчастіше виділяють: походження (сім'я); багатство; освіту; стать і вік; расу і національність; релігійну приналежність; партійну і професійну приналежність; рівень народжуваності, смертності та щільність населення; економічне та політичне становище суспільства.

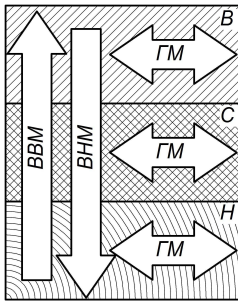


Рисунок 7 – Види мобільності:

В, С, Н – відповідно, вищій, середній, нижчий класи;
ВВМ, ВНМ – відповідно, вертикальні висхідна та низхідна мобільності; ГМ – горизонтальна мобільність

У трансформаційних суспільствах (реформи, революції, кризи) вищий рівень соціальної мобільності, тобто індивіду легше пробитися нагору, позаяк там утворюються «пустоти», і бар'єри між стратами послаблюються. Але коли «пустоти» заповнюються, група закривається, а отже, збільшуються «бар'єри», посилюється конкуренція, рух нагору уповільнюється, суспільство стає стабільним, рівень соціальної мобільності падає.

Алгоритм «Пошук мобільністю». Метаевристичний алгоритм «Пошук мобільністю» базується на процесах, що копіюють соціальну мобільність людських спільнот. Також цей алгоритм поєднує у собі й елементи модифікованого еволюційного алгоритму, що був запропонований автором раніше. Таке поєднання дає змогу алгоритму «Пошук мобільністю» максимально наблизитись до життєвого-соціального процесу більшої частини людства – прагнення зайняти кращу або не гіршу за поточну життєву позицію.

Для наближення до максимально можливої ступені випадковості, що притаманна природному процесу еволюції людини і, відповідно, формуванню та розвитку людських спільнот, пропонується значну кількість процесів віддати на розсуд випадковості. Такий підхід значною мірою знижує вплив людини на процеси, що протікають при проходженні запропонованого алгоритму, і наближують останній до автономних синергетичних процесів.

В алгоритмі «Пошук мобільністю» пропонується віддати на розсуд псевдовипадковому процесу наступні етапи: генерація початкової сукупності популяції людей (початкові пробні точки), вибір батьківських пар, схрещування та мутацію, обрання напрямів соціального руху тощо...

Як і більшість метаевристичних алгоритмів, алгоритм «Пошук мобільністю» починається з ініціалізації початкової популяції людської спільноти (ППП) (рис. 7). У межах заявленої метафори під початковою популяцією шифрується початковий набір пробних точок для пошукового процесу в просторі параметрів.

Генерування початкової популяції соціуму (ГПП) пропонується проводити з використанням ЛПт-рівномірно-розподіленої послідовності у межах усього можливого простору параметрів, що визначається числовими та функціональними вимогами та обмеженнями. Використання ЛПт-рівномірно-розподілених послідовностей та дає змогу оперувати значною кількістю параметрів проектування (до 51) та великою кількі-

стю рівномірно-розподілених пробних точок (до 2^{20}). У випадку задач високої розмірності і прагненні збільшити чисельність початкової популяції можливо використати запропонований автором підхід [12]. Такий підхід використовує неявну властивість таблиці чисельників ЛПт-послідовності, що полягає у можливості створення паралельних популяцій шляхом зміни порядкових номерів параметрів проектування. Цим досягається можливість отримання для однієї задачі паралельних наборів пробних точок з відмінними ко-ординатами. Поєднання цих популяцій дає змогу більш щільно дослідити початковий простір параметрів проектування. Більш того, порядкові номери пропонується обиратися за псевдовипадковою послідовністю.

Таким чином, використовуючи описані вище підходи, можна поліпшити етап генерації початкової популяції, досягти її урізноманітнення та збільшення у декілька разів, що дасть змогу в перспективі знайти кінцевий результат швидше та якісніше.

Після генерації початкової популяції вона піддається аналізу на життєздатність (АНЖ), у межах якого визначаються індивіди соціуму, які беруть участь у подальшому життєвому циклі та соціальному русі. При розв'язанні технічних завдань цей аналіз відповідає операції перевірки відповідності об'єкта техніко-технологічним обмеженням, що гарантує його працездатність.

Наступним етапом запропонованого алгоритму є розрахунок для кожного індивіда його соціального статусу (РСС). У межах заявленої метафори, під соціальним статусом шифрується значення критерія якості, що відповідає даному набору параметрів. Для випадку однокритеріальної задачі оптимізації значення критерія розраховується за цільовою функцією; для випадку багатокритеріальної задачі значення критерія пропонується розраховувати за запропованою у [13] методикою. Методика базується на переході від багатьох критеріїв до одного за допомогою введення проектувальником шкали важливості та призначення важливості кожного з критеріїв. У якості об'єднуючого критерію пропонується знаходити для кожної пробної точки відносне зміщення бажаного розв'язання як середнє арифметичне квадратичне зважене зміщення бажаного розв'язання відносно дійсного за кожним з критеріїв. Такий критерій відповідає відносному наближенню пробної точки до бажаного розв'язання.

Після розрахунку для кожного індивіда його соціального статусу соціум сортується (ССС) за ним від більшого до меншого значення.

Після сортування соціуму проводиться стратифікація на класи (СНК), яка визначає соціальну ієрархію. Відповідно до метафори, стратифікуємо відсортований соціум на три класи за розподілом розвинених суспільств: перші 20 % становитимуть вищий клас, наступні 60 % становитимуть середній клас, останні 20 % становитимуть нижчий клас.

Наступним етапом є визначення поточного лідера (ВПЛ), який володіє найвищим соціальним статусом. Поточний лідер указує напрям можливого якісного руху з метою підвищення соціального статусу для деяких членів соціуму за певних обставин.

Завершення стратифікації суспільства символізує початок першої фази – горизонтальної та вертикальної

внутрішньопоколінної мобільності (ВПМ).

Горизонтальна та вертикальна мобільності передбачають можливість змінити свій соціальний статус шляхом зміни свого поточного положення. На даному етапі кожний індивід соціуму має можливість зробити N кроків в випадковому напрямі відносно свого поточного положення. Довжина кроку є випадковим значенням, яке обмежене максимальним та мінімальним значеннями, і визначається за допомогою ЛПТ-послідовності. Зробимо припущення, що максимальне значення кроку не може бути більше ніж середня відстань між індивідами соціуму. Для кожної з потенційних нових положень обчислюється значення соціального статусу.

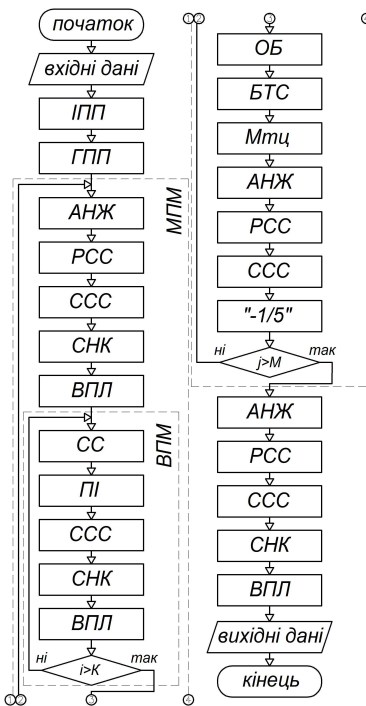


Рисунок 7 – Алгоритм «Пошук мобільністю»

«Соціальні сита» (СС) реалізовано наступним чином.

Для 9/10 вищого класу, 2/3 середнього класу та 2/3 нижчого класу [3, 4], що визначаються випадковим жеребом у межах класу за допомогою ЛПТ-послідовності, після здійснення N кроків *обирається краще положення* за соціальним статусом. У випадку, якщо жодне з потенційних нових положень не краще поточного соціального статусу індивіда, то індивід не змінює положення (рис. 8). Для остатку цих трьох класів соціуму, 1/10 вищого класу, 1/3 середнього класу та 1/3 нижчого класу, випадковим чином *призначається* одне з N нових положень, незважаючи на значення соціального статусу. Таким чином моделюється можливість руху вгору та вниз у межах окремого класу.

Після *переміщення індивідів* (П) соціум *сортується* та проводиться *стратифікація на класи*, яка визначає соціальну ієрархію. Відповідно до метафори, стратифікуємо відсортований соціум на три класи за вказаною вище відсотківкою. Індивіди середнього та нижчого класів, що перебували на межі до більш високого класу, мають можливість перейти до його складу. Таким чином, реалізовано *вертикальну мобільність*.

Для індивідів всіх класів, що не змінили положення або змінили його, але їхній соціальний статус не змінився або змінився залишивши їх у межах класу, реалізовано *горизонтальну мобільність*.

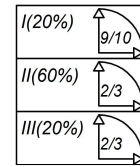


Рисунок 8 – Розподіл на класи та соціальні сита

Фаза горизонтальної та вертикальної внутрішньопоколінної мобільності може бути здійснена K разів. Де K призначається проєктувальником за рівнем складності задачі, який характеризується кількістю параметрів статусу (змінних проєктування), початковою кількістю індивідів соціуму, розміром ареалу соціуму, тощо. У відповідності до метафори, зміна соціального статусу на цій фазі може проходити до 5-10 разів.

Для реалізації можливості фази *міжпоколінної мобільності* (МПМ) запропоновано до алгоритму включити елементи еволюційних алгоритмів, а саме, обрання батьківських пар та створення нового покоління. Це дасть змогу збільшити кількість індивідів соціуму, що підвищує щільність дослідження простору ареалу. Більш того, така стратегія дає можливість зменшити швидкість сходження алгоритму та зациклення на локальних оптимумах, підвищує рівень розсіювання індивідів у просторі ареалу.

Обрання батьків (ОБ) рекомендовано проводити за наступними стратегіями: panmixia, inbreeding, outbreeding. Максимально цікавою з представлених є стратегія panmixia, бо вона дає змогу отримати кількість батьківських пар до $p!/(2(p-2)!)$, що забезпечує отримання популяції нащадків, яка перевершує батьківську у рази. Також пропонується обирати батьківські пари за допомогою ЛПТ-послідовностей, що значно підвищує рівень розподіленості і зручно реалізується при генерації програмного коду. Пропонується утворювати пари тільки у межах класу.

При формування покоління нащадків зручним, достатнім та універсальним є метод *багатоточкового схрещування* (БТС) з можливістю примусового обрання точок схрещування. В залежності від обмежень на змінні проєктування це дасть змогу проєктувальнику вправно оперувати ділянками хромосоми, при необхідності залишаючи їх цілими або розривати їх у певних місцях. Але для збільшення кількості нащадків у деяких випадках можливо використати і інші надані оператори схрещування.

Розглянемо далі більш вживані оператори *мутацій* (Мтц). Зазвичай мутацію використовують для того, щоб відвести процес пошуку від локальних сплесків цільової функції. Також мутація дає можливість збільшити кількість популяції. Рекомендовано вживати оператор *інверсії*. Але на відміну від класичного підходу, де точки розриву обираються випадково, пропонується використовувати варіант оперування лише у межах певних ділянок, щоб не сплутати смислове наповнення локусів хромосоми. Інший варіант мутації, який запропоновано викорис-

товувати, – крокова. У даному випадку значення випадкового гену випадково змінюється (зменшується або збільшується) на деяке значення – крок (Δ). Використання зазначених операторів мутацій дає змогу значно збільшити та урізноманітнити популяцію.

Кількість нащадків, що формуються схрещуванням, у батьківській парі залежить від соціального статусу батьків. Припустимо, що кількість нащадків для нижчого класу буде коливатися від 1 до 3, для середнього класу – 2–4, для вищого класу – 3–5. Дане розподілення не відповідає реаліям, але призначене з метою збільшення популяції перспективних класів та більш якісного дослідження потенційних зон ареалу. Кількість нащадків для випадкової пари пропонується обирати випадковим чином на зазначеному діапазоні. Додатково для кожної батьківської пари формується один нащадок шляхом мутації.

Сформована сумісна популяція батьків і нащадків проходить фази аналізу на життєздатність, розрахунку соціального статусу та сортування. Після цих етапів пропонується скоротити популяцію на 1/5, відкинувши індивідів з найнижчим соціальним статусом. Цей етап моделює природний процес, але у реаліях алгоритму відкидаються індивіди не за віком існування, а за соціальним статусом.

Отримана таким чином популяція відправляється на підготовчу фазу та фазу горизонтальної та вертикальної внутрішньопоколінної мобільності.

Фаза міжпоколінної мобільності може бути здійснена M разів. Величина M призначається проєктувальником за рівнем складності задачі та може проходити до 5–10 разів.

Після проходження всіх етапів алгоритму проєктувальник отримує впорядковану «елітну» частину вищого класу, яка може розглядатися як розв'язання задачі. Звісно, акцентна увага приділяється лідеру.

Таким чином, ми отримуємо результативний метаевристичний алгоритм, який на етапі проведення тестових випробувань показав вищу ефективність, ніж стандартні та модифіковані еволюційні алгоритми. Розширення останніх локальними пошуками у сукупності з використанням запропонованої стратегії, що є відображенням метафори, показало переважаючі результати.

Звісно, запропонований метаевристичний алгоритм «Пошук мобільністю» потребує подальших тестових випробувань на складних та «масивних» задачах пошуку оптимальних розв'язань. Цей етап та, можливо, коригування чи доповнення деяких послідовностей алгоритму буде розглянуто у подальших роботах.

Висновки

1. Доведено актуальність сучасних метаевристичних алгоритмів, освітлено ряд термінів та взаємозв'язків між ними, необхідність проведення класифікації. Запропоновано підхід до класифікації метаевристичних алгоритмів, що базується на термінах та поділі категорій, взятих із природничих наук. Це дає змогу об'єднати певний сегмент знань у кластер з єдиною термінологією.

2. Розглянуто категорію «метафора» та її функції при формуванні метаевристичних алгоритмів, це дало

змогу глибше зрозуміти можливості використання метафор у науковій діяльності.

3. Було запропоновано новий метаевристичний алгоритм «Пошук мобільністю», який базується на діях та процесах, що подібні до процесів загальної соціальної та повсякденної мобільності людей, та сформовано його основні положення. «Пошук мобільністю» створює високий рівень самоорганізаційної системи пошуку параметрів, що відповідає загальним положенням синергетики в технічних системах.

4. Описано метафору алгоритму «Пошук мобільністю». Розглянуто основні визначення та категорії. Це дає змогу для якісного представлення, опису та донесення ідеї, принципів функціонування та послідовностей алгоритмів. Як наслідок застосування метафори, отримуємо підвищення розуміння та інтенсифікацію донесення ідеї.

5. Описано новий метаевристичний алгоритм «Пошук мобільністю», що базується на процесах, які копіюють соціальну мобільність людських спільнот. Також, алгоритм «Пошук мобільністю» поєднує у собі й елементи модифікованого еволюційного алгоритму, що дає змогу максимально наблизитись до життєво-соціального процесу більшої частини людства – прагнення зайняти кращу або не гіршу за поточну життєву позицію.

6. Запропонований новий метаевристичний алгоритм «Пошук мобільністю» на етапі проведення тестових випробувань показав вищу ефективність, ніж стандартні та модифіковані еволюційні алгоритми. Розширення останніх локальними пошуками у сукупності з використанням запропонованої стратегії, що є відображенням метафори, показало переважаючі результати.

Список літератури

1. Клакович Л. М., Левицька С. М. *Теорія алгоритмів: Навчальний посібник*. Друге видання, доповнене. Львів, Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2015. 161 с.
2. Бондаренко О. В., Устиненко О. В., Сериков В. І. Метаевристичні алгоритми. Метафори-стратегії (Оглядова стаття). *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. : *Машинознавство та САПР: зб. наук. пр.* Харків, НТУ «ХПІ», 2023. № 1. С. 3–18.
3. Гіденс Е. *Соціологія*. Київ, Основи, 1999. 726 с.
4. Сірий Є.В. *Соціологія: загальна теорія та методологія, історія розвитку, спеціальні та галузеві теорії*. Київ, Атіка, 2009. 492 с.
5. Makeev С., Симончук О. Класова структура сучасного суспільства. Вектори змін українського суспільства. Київ, Інститут соціології НАН України, 2014. С. 110–134.
6. Голоаха Є., Горбачик А. *Тенденції соціальних змін в Україні та Європі: за результатами «Європейського соціального дослідження» 2005–2007–2009–2011*. Київ, Інститут соціології НАНУ, 2012. 119 с.
7. Куденко О. Соціальні класи: соціологічні інтерпретації та підходи до вивчення. *Вісн. Київ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка*, 2014. №1 (5). С. 68–74.
8. Рахманов О. Соціальне підґрунтя олігархічної системи в Україні. *Соціологія: теорія, методи, маркетинг*, 2017. №3. С. 60–73.
9. Середній клас в Україні: життєві цінності, готовність до асоціації і просування демократичних норм і стандартів: доп. Центру Разумкова. *Нац. Безпека і оборона*. 2014. №1–2 (144–145). С. 3–78.
10. Требін М. П. Реалії демократичного транзиту України. *Укр. Соціум*, 2011. №3(38). С. 169–182.
11. Ковальчук Т. Т. Бідність працюючого населення – драматична реальність українського сьогодення. *Економіка України*, 2016. №5. С. 90–97.
12. Бондаренко О. В., Устиненко О. В. Використання псевдо-випадкових послідовностей в еволюційних алгоритмах при раціональному проєктуванні зубчастих циліндричних редукторів

та коробок передач. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер.: *Машинознавство та САПР*. Харків, НТУ «ХПІ», 2019. № 1. С. 3–9.

13. Бондаренко О. В., Устиненко О. В., Сериков В. І. Приклад раціонального проектування зубчастого циліндричного двоступінчастого редуктору методом псевдовипадкового пошуку при багатьох критеріях. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: *Машинознавство та САПР*. Харків, НТУ «ХПІ», 2018. № 25 (1301). С. 31–35.
- References (transliterated)**
1. Klakovych L. M., Levytiska S. M. *Teoriia alhorytmiv: Navchalnyi posibnyk* [Algorithm Theory: A Study Guide.]. Druhe vydannia, dopovnene. Lviv, Vydavnychiy tsentr LNU im. Ivana Franka, 2015, 161 p.
 2. Bondarenko O. V., Ustynenko O. V., Sierykov V. I. Metaevrystychni alhorytmy. Metafory-stratehii (Ohliadova stattia) [Metaheuristic algorithms. Metaphors-strategies (Review article)]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*. Ser.: *Mashynoznavstvo ta SAPR: zb. nauk. pr.* Kharkiv, NTU "KhPI", 2023, no. 1, pp. 3–18.
 3. Gidens E. *Sotsiologhiia* [Sociology]. Kyiv, Osnovy, 1999, 726 p.
 4. Siryi Ye. V. *Sotsiologhiia: zahalna teoriia ta metodolohiia, istoriia rozvytku, spetsialni ta haluzevi teorii* [Sociology: general theory and methodology, history of development, special and branch theories]. Kyiv, Atika, 2009, 492 p.
 5. Makeiev S., Symonchuk O. Klasova struktura suchasnoho suspilstva. Vektory zmin ukraïnskoho suspilstva [Class structure of modern society. Vectors of changes in Ukrainian society]. Kyiv, Instytut sotsiologhii NAN Ukrainy, 2014, pp. 110–134.
 6. Holoakha Ye., Horbachuk A. *Tendentsii sotsialnykh zmin v Ukraini ta Yevropi: za rezultatamy «Ievropeiskoho sotsialnoho dos-lidzhennia» 2005–2007–2009–2011* [Trends of social changes in Ukraine and Europe: according to the results of the "European Social Survey" 2005–2007–2009–2011.]. Kyiv, Instytut sotsiologhii NANU, 2012, 119 p.
 7. Kutsenko O. Sotsialni klasy: sotsiologhichni interpretatsii ta pidkhody do vyvchennia [Social classes: sociological interpretations and approaches to study]. *Visn. Kyiv. nats. un-tu im. Tarasa Shevchenka*, 2014, no. 1 (5), pp. 68–74.
 8. Rakhmanov O. Sotsialne pidgruntia oliharkichnoi systemy v Ukraini [Social basis of the oligarchic system in Ukraine.]. *Sotsiologhiia: teoriia, metody, marketynh*, 2017, no. 3, pp. 60–73.
 9. Serednii klas v Ukraini: zhyttievi tsinnosti, hotovnist do asotsiatsii i prosuvannia demokratychnykh norm i standartiv: dop. Tsentru Razumkova [Middle class in Ukraine: life values, readiness for association and promotion of democratic norms and standards: add. Razumkov Center]. *Nats. Bezpeka i oborona*. 2014, no. 1–2 (144–145), pp. 3–78.
 10. Trebin M. P. Realii demokratychnoho tranzytu Ukrainy [The realities of democratic transit of Ukraine]. *Ukr. Sotsium*, 2011, no. 3(38), pp. 169–182.
 11. Kovalchuk T. T. Bidnist pratsiuuchoho naselennia – dramatychna realnist ukraïnskoho sohodennia [Poverty of the working population – a dramatic reality of the Ukrainian present]. *Ekonomika Ukrainy*, 2016, no. 5, pp. 90–97.
 12. Bondarenko O. V., Ustynenko O. V. Vykorystannia psevdovypadkovykh poslidovnostei v evoliutsiinykh alhorytmakh pry ratsionalnomu proektuvanni zubchastykh tsylindrychnykh reduktoriv ta korobok peredach [The use of pseudo-random sequences in evolutionary algorithms in the rational design of toothed cylindrical reducers and gearboxes.]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "KhPI"*. Ser.: *Mashynoznavstvo ta SAPR*. Kharkiv, NTU "KhPI", 2019, no. 1, pp. 3–9.
 13. Bondarenko O. V., Ustynenko O. V., Sierykov V. I. Pryklad ratsionalnoho proektuvannia zubchastoho tsylindrychnoho dvostupinchastoho reduktoru metodom psevdovypadkovoho poshuku pry bahatokh kryteriiakh [An example of rational design of a toothed cylindrical two-stage gearbox by the method of pseudo-random search with many criteria.]. *Visnyk NTU "KhPI"*. Seriia: *Mashynoznavstvo ta SAPR*. Kharkiv, NTU "KhPI", 2018, no. 25 (1301), pp. 31–35.

Надійшло (received) 30.01.2023

Відомості про авторів / About the Authors

Бондаренко Олексій Вікторович / Bondarenko Oleksiy – кандидат технічних наук (PhD in Eng. S.), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри теорії і систем автоматизованого проектування механізмів і машин; м. Харків, Україна; тел.: (067) 189-97-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2693-5301>; e-mail: avbondko@gmail.com