

УДК 004

**ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКАЦІЙ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ
НАДАННЯ ПОСЛУГ
APPLICATION OF MODIFICATIONS OF GENETIC ALGORITHM FOR
SERVICES**

Hrybkov S.V. / Грибков С.В

d.t.s., as.prof. / д.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-2552-2839

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska 68, 01601
Національний університет харчових технологій, Київ, Володимирська 68, 01601*

Yuschuk I.V. / Ющук І.В.

senior lecturer / старший викладач

ORCID: 0000-0003-1420-0356

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska 68, 01601
Національний університет харчових технологій, Київ, Володимирська 68, 01601*

Yuschuk P. O. / Ющук Р.О.

bachelor student / студент бакалаврата

ORCID: 0000-0001-8255-168X

*National University of Food Technologies, Kyiv, Volodymyrska 68, 01601
Національний університет харчових технологій, Київ, Володимирська 68, 01601*

Анотація. У роботі було проведено дослідження проблеми ефективного розподілення замовлень між виконавцями у сфері надання послуг. Було розглянуто огляд літературних модифікацій генетичного алгоритму, проведено апробацію розглянутих модифікацій та доцільність їх використання у сфері надання послуг для визначення ефективного розподілення роботи.

Ключові слова: управління виконання замовлень, надання послуг, генетичний алгоритм.

Вступ.

Швидка зміна технологічної епохи на епоху інформаційно-технологічну спонукає до усвідомлення невідворотних змін, які очікують сферу обслуговування. Усі технологічні революції в історії людства характеризувалися всеосяжним впливом, проникненням у всі сфери людської діяльності не лише як зовнішнє джерело. Інтегральною частиною життєвого середовища стають фірми з надання послуг ремонту, підтримки та налагодження комп'ютерної техніки. Діяльність таких фірм пов'язана з тим, що більшість людей працюють віддалено, а невеликим компаніям не виникає

потреба формувати окремий відділ технічного обслуговування. Спектр послуг даного сектору дуже великий, адже може включати в себе багато різних послуг: від встановлення програмного забезпечення до закупівлі техніки для невеликого офісу та прокладання в ньому мережі.

Виконання замовлень відбувається за принципом черги їх надходження, а також наявності матеріалів, кваліфікації та можливостей спеціалістів, щоб їх виконувати. У випадках, коли одночасно виникають замовлення різної складності, а самі замовники мають різний пріоритет, необхідно орієнтуватися на можливості спеціалістів-виконавців і формувати оптимальний розклад виконання замовлень. В таких випадках необхідно приймати рішення про відмову замовлень, або чітко визначати час її виконання. Від виконавця встановлюються умови, тому він обирає замовлення від своєї кваліфікації. Менеджер з прийому замовлень визначає усі нюанси замовника, і в залежності від необхідних термінів, визначає пріоритетність виконання.

На сьогоднішньому ринку представлені подібні системи для використання фірм з обслуговування, але більшість з них орієнтовані на принцип, хто перший замовив, той отримує послугу. А також більшість з них направлено на облік матеріалів та контроль виконання замовлень.

Тому актуальною прикладною задачею є пошук та адаптація алгоритмів і методів для формування послідовності виконання замовлень для фірм з надання послуг та формування задач для кожного з виконавців.

Аналіз літературних джерел

Враховуючи те, що задача відноситься до задач про призначення, яка є однією з базових задач комбінаторної оптимізації в галузі економічної оптимізації та дослідження операцій, вона належить до класу багатокритеріальних NP-складних комбінаторних задач. Такі задачі характеризуються тим, що із зростанням кількості вхідних даних зростає час на її розв'язання [1].

Умовно математичні методи вирішення задачі розподіляють на: точні та наближені методи. До наближених методів відносять: генетичні алгоритми та

еволюційні стратегії, евристичні методи, метаевристичні методи, імітаційне моделювання [2-4].

Робота [5] присвячена створенню математичної моделі задачі планування виконання для підприємств, які діють у сфері надання послуг. Крім того в роботі розроблено комбінований алгоритм для вирішення задачі планування на основі АСО алгоритму та генетичного алгоритму. А також в роботі приведено структура системи підтримки прийняття рішень для планування виконання договорів, а також розглянуто технології, використані для її практичної реалізації. Але робота [5] не враховує специфіку можливостей та кваліфікацію виконавців.

В роботі [6] запропоновано інформаційну технологію для розв'язання задачі планування виконання замовлень по виготовленню продукції на харчових підприємствах на основі алгоритму «зграї вовків» та генетичних алгоритмів з використанням модифікованої математичної моделі виконання замовлень.

Аналіз літературних джерел показав, що для таких задач, достатньо знайти наближені рішення, які знаходяться достатньо швидко і є достатньо точними для необхідних цілей. Одним з поширених алгоритмів для вирішення поставленої задачі є генетичний алгоритм, який забезпечує формування та знаходження наближеного рішення за скорочений час [7-13].

Генетичний алгоритм та підходи його застосування

Генетичні алгоритми відносяться до класу процедур випадкового пошуку, які не зводяться до безладного блукання в пошуковому просторі допустимих рішень. Завдяки можливості ефективного використання досвіду, набутого кожною популяцією в визначенні нової області пошуку рішень в них передбачається поліпшення значення цільової функції.

Механізм кожного генетичного алгоритму завжди складається із трьох основних операторів [2, 8]:

• Репродукція – процес, в якому хромосоми обираються із кращим значенням цільової функції. Оператор репродукції є штучною версією натуральної селекції, тобто виживанням найсильніших.

• Кроссовер – схрещування батьківських пар, генерація нащадків.

• Мутація – дія випадкових чинників.

Загальна послідовність «генетичного алгоритму» має такий вигляд [2, 8]:

1. Обрання необхідної кількості осіб у популяції (K). Задаємо відлік часу $t = 0$.

2. Формування початкової популяції P_0 , що складається з K осіб випадковим чином.

3. Визначення для кожної особи функції пристосованості $F(x)=fitness(x)$, $i=1...k$ і популяції в цілому $F_t(x)=fitness(P_0)$.

4. Перевірка умови припинення роботи, яка визначена виконанням усіх обмежень та знаходженням такого рішення, що повторюється з популяції в популяцію, якщо виконується, то КІНЕЦЬ.

5. Обирання з певною ймовірністю особи із високою пристосованістю з попереднього покоління для схрещування. Запис у банк генів GP .

6. Випадкова селекція половини батьківських пар типу A і B із банку генів GP та з певною ймовірністю P_x , яка залежить від $f(x)$ і розташування їх у тимчасовій популяції TP .

7. Схрещення обраних батьківських пар типу A та B із банку генів GP з ймовірністю схрещування P_c для отримати нащадків типу C і D .

8. Розміщення половини нащадків типу C і D у тимчасову популяцію TP .

9. З певною ймовірністю P_m виконати мутацію особин із тимчасової популяції TP , при чому $P_m \ll P_c$.

10. Розміщення отриманої хромосоми в новій популяції $P = TP$.

11. Виконання операції, починаючи з пункту 3, k раз.

12. Збільшення номера поточного часу $t = t + 1$.

13. Якщо виконалась умова зупинки, то завершити роботу, а інакше здійснити перехід на крок 3.

14. КІНЕЦЬ.

До найбільш поширених модифікацій генетичних алгоритмів, що дозволяють розв'язувати задачі багатокритеріальної оптимізації, є такі [2, 10, 11]:

- SPEA – Strength Pareto Evolutionary Algorithm;
- VEGA – Vector Evaluated Genetic Algorithm;
- FFGA – Fonseca and Fleming's Multiobjective Genetic Algorithm;
- NPGA – Niche Pareto Genetic Algorithm.

У методі SPEA створюється архів, призначений для зберігання недомінуючих рішень.

Кількість індивідів, які включаються в архів, регулюється процедурою кластеризації. Визначення значень придатності індивідів у методі SPEA здійснюється тільки щодо індивідів зовнішньої множини, які беруть участь у селекції на рівні з іншими членами популяції [9-10].

Загальну роботу методу SPEA доцільно представити так:

1. Сформувані первісну популяцію P_0 і порожню зовнішню множину (архів) $A = \emptyset$, $t = 0$.

2. Модернізувати зовнішню множину.

2.1. Визначити проміжну зовнішню множину $A' = A_t$.

2.2. Скопіювати рішення, що не домінують відносно A_t у множині A' , і вираховуються таким виразом:

$$A' : A = A \cup \{x / x \in A_t \cap x \in p(A_t)\}.$$

2.3. Видалити із множини A' особи, які слабо домінують відносно A' . При цьому, якщо існує пара осіб $x, y \in A'$ і $x \succ y$, тоді $A' = A' - \{y\}$.

2.4. За допомогою процедури кластеризації зменшити кількість осіб, які зберігаються у зовнішній множині, і помістити результат зменшеної множини в $P_t + 1$.

3. Вирахувати значення придатності індивідів P_t та A' .

4. Селекція. Покласти $A' = \emptyset$ і виконати для $s=1, N$ такі дії.

4.1. Випадково вибрати двох індивідів $x, y \in A' \cup P_t$.

4.2. Якщо $F(x) < F(y)$ при рішенні задачі мінімалізму, то $A' = A' \cup \{x\}$, в іншому випадку $A' = A' \cup \{y\}$.

5. Рекомбінація.

6. Мутація.

7. Закінчення. Результат $P_{t+1} = A'$ та $t = t + 1$.

Якщо $t \geq T$, де T – максимальна кількість поколінь, то з останніх популяцій відбираються недомінантні особи. Якщо $t < T$, тоді потрібно повернутись до кроку 2. Етапи 5 і 6 (рекомбінація і мутація) проводяться згідно з загальною схемою генетичного алгоритму [2, 10]. Етап призначення придатності відрізняється від подібного в загальному еволюційному алгоритмі і реалізується за такою схемою.

1. Кожному індивіду $x \in A_t$ присвоюється значення $S(x) \in [0,1]$, що має назву «сила» (або вага) особи. Значення «сили» пропорційно кількості членів популяції $y \in P_t$, для яких $x > y$ (1).

$$S(x) = \frac{|\{y : y \in P_t \cap x > y\}|}{N + 1}. \quad (1)$$

Таким чином, придатність особи x , що належить архіву, дорівнює її силі:
 $F(x) = S(x)$.

2. Придатність особи $y \in P_t$ визначається таким чином (3.20):

$$F(y) = 1 + \sum_{x \in A', x > y} S(x). \quad (2)$$

При цьому, чим менша пристосованість, тим більше шансів у особи перейти в наступне покоління.

У генетичному алгоритмі VEGA створюються часткові популяції з однаковою чисельністю осіб. Кожному n -у критерію F_n відповідає підмножина часткової популяції хромосом P_n цілої популяції P .

У кожній частковій популяції P_n виконується незалежна селекція згідно з критерієм F_n . Однак асоціація і схрещування осіб виконуються для всієї популяції [2, 10, 12].

У цьому алгоритмі селекція виконується турнірним методом. Причому найкраща особа в кожній частковій популяції обирається на основі своєї функції пристосованості.

Найкраща особа з кожної підпопуляції змішується з іншими особами, і всі інші генетичні операції проводяться аналогічно алгоритму при оптимізації однієї функції. Недоліком методу VEGA є те, що в ньому не враховуються проміжні рішення. Оптимальні рішення в сенсі Парето, які є допустимими для всіх критеріїв, але не задовольняють будь-якого із скалярних критеріїв [10].

FFGA – це метод, який використовує ранжування осіб, засноване на Парето-домінуванні. Рангом у даному методі називається число осіб, що домінують над заданою особою. В методі використовується процедура придатності, яку можливо описати таким чином [10].

1. Для кожної особи S_j , $j=1..N$ з популяції P_0 , де N – розмір популяції, розраховується ранг $r_j=1+i$, $i \in P_0$, $i>j$.

2. Популяція сортується за значенням рангу r , потім кожній особі S_j , $j=1..N$ призначається так звана неповна придатність F_j' за допомогою інтерполяції. При цьому опорними точками для інтерполяції обираються точки гіршої $F_j'=1$ для особи S_j , ранг якої максимальний, і кращої $F_j'=N$ для особи S_j , ранг якої мінімальний.

3. Обчислюється підсумкова придатність за допомогою усереднення «сирої» придатності особи S_r з однаковими рангами (3).

$$F_{S_r} = \sum_{s=1}^n \frac{F'(S_r)}{n}, \quad (3)$$

де n – кількість осіб з однаковим рангом.

У методі NPGA етап призначення придатності замінюється модифікованою схемою розподілу придатності з використанням поняття ніші, яка визначається для індивідів у просторі альтернатив або цільових функцій і забезпечує можливість підтримки різноманітності, дозволяючи отримати рішення [10, 11].

Для апробації розглянутих модифікацій була використана система підтримки прийняття рішень, запропонована в роботі [6], адже один із авторів є її розробником, а частково розглянуті методи були в ній реалізовані. Усі розглянуті модифікації були реалізовані окремими модулями мовою Java. Для рішення саме поставленої задачі усі модифікації показали чудовий результат. Створені модулі забезпечать вирішення поставленої задачі через веб-інтерфейс, що забезпечить швидкість та якість обслуговування.

Висновки

У роботі було проведено дослідження актуальної прикладної задачі пошуку та адаптації алгоритмів і методів для формування послідовності виконання замовлень для фірм з надання послуг та формування задач для кожного з виконавців. Було проведено огляд літературних модифікацій генетичного алгоритму. Для вирішення поставленої задачі виділено наступні модифікації генетичного алгоритму: Strength Pareto Evolutionary Algorithm; Vector Evaluated Genetic Algorithm; Fonseca and Fleming's Multiobjective Genetic Algorithm; Niche Pareto Genetic Algorithm. Проведено апробацію розглянутих модифікацій, що підтверджує доцільність їх використання у сфері надання послуг для визначення ефективного розподілення роботи.

В рамках науково-дослідної роботи кафедри інформатики НУХТ відбувається створення інформаційної системи підтримки прийняття рішень, що базується на використанні розглянутих модифікацій генетичного алгоритму для вирішення задач управління підприємств та фірм.

Література:

1. Карпенко А. П. (2016) Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 448 с.
2. M. Gendreau, and J.-I. Potvin, Handbook of metaheuristic. 3rd ed., Springer International Publishing: Cham, 2019.
3. Левитин А. В. (2006) Метод грубой силы: Задача о рюкзаке, Алгоритмы: введение в разработку и анализ = Introduction to The Design and Analysis of Algorithms. М.: Вильямс, С. 160-163.
4. Романовская А. М., Мендзив М. В. (2010) Динамическое программирование: Учебное пособие. Омск. 58 с.
5. Hrybkov S. V., Lytvynov V. A., Oliinyk H. V. (2018). Web-Oriented decision support system for planning agreements execution. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 3/2. (99) P. 13–24.
6. Hrybkov S., Kharkianen O., Ovcharuk V., Ovcharuk I. (2020) Development of Information technology for planning order fulfillment at a food enterprise. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 1/3. (103) P. 62-73.
7. Garg R., Mittal S. (2014) Optimization by Genetic Algorithm. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. Vol. 4 (4). P. 587–589.
8. Holland J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Cambridge, Massachusetts: re-issued by MIT Press, 1992. 217 p.
9. Santosh K. S., Vinod, K. G. Genetic Algorithms: Basic Concepts and Real World Applications. International Journal of Electrical. Electronics and Computer Systems (IJECS). 2015. N 3 (12). P. 116–123.

10. Сетлак Г. Решение задач многокритериальной оптимизации с использованием генетических алгоритмов. System Research & Information Technologies. 2002. N 3. С. 32–42.

11. Белецкая С. Ю., Асанов Ю. А., Поваляев А. Д., Гаганов А. В. Исследование эффективности генетических алгоритмов многокритериальной оптимизации. Вестник ВГТУ. 2015. № 1. С. 10–14.

12. Грибков С. В., Загоровська Л. Г., Бровченко Н. Н. Використання генетичних алгоритмів для розв'язання задачі складання розкладу замовлень. Восточно-европейский журнал передовых технологий. 2011. № 6/4 (54). С. 45–48.

***Abstract.** The research of the actual applied task of search and adaptation of algorithms and methods for formation of sequence of execution of orders for firms on rendering of services and formation of tasks for each of executors was carried out. A review of the literature modifications of the genetic algorithm was performed. To solve this problem, the following modifications of the genetic algorithm are identified: Strength Pareto Evolutionary Algorithm; Vector Evaluated Genetic Algorithm; Fonseca and Fleming's Multiobjective Genetic Algorithm; Niche Pareto Genetic Algorithm. Approbation of the considered modifications is carried out, which confirms the expediency of their use in the field of service provision to determine the effective division of labor.*

***Keywords:** order fulfillment management, service provision, genetic algorithm.*

Статья отправлена: 24.04.2022 г.

© Грибков С.В., Ющук П.О., Ющук І.В.