



УДК 004

**MANUFACTURING MANAGEMENT METHODS AT THE EXPENSE OF
USING BAT ALGORITHM****ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ЗА РАХУНОК
ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ КАЖАНІВ****Hrybkov S.V. / Грибков С.В.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-2552-2839

Seidikh O.L. / Сєдих О.Л.*senior lecturer / старший викладач*

ORCID: 0000-0003-4590-2019

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

Анотація. Робота присвячена вдосконаленню системи управління харчовим виробництвом на прикладі молокозаводу з використання сучасних алгоритмів та інформаційних технологій. У роботі розглянуто багатокритеріальну задачу управління виробництвом та запропоновано розв'язання задачі планування виконання замовлень як багатокритеріальної задачі прийняття рішень на основі мета-евристичних алгоритмів. В роботі розглядаються модифікації алгоритму та їх застосування.

Ключові слова: алгоритм, молокозавод, алгоритм кажанів.

Вступ.

Управління підприємством харчової промисловості в сучасних умовах невизначеності і швидких змінах в бізнес-середовищі повинно бути направлено на раціонально організований процес виготовлення продукції згідно потоку замовлень.

Складність процесу прийняття рішення при управлінні виробництвом пов'язано з оптимальним виконанням замовлень, що полягає у необхідності повністю забезпечити потреби замовників, при цьому раціонально використати наявні виробничі потужності та сировинні ресурси, обов'язково забезпечивши виготовлення продукції у задані терміни та у повному обсязі.

Головною особливістю молокозаводів є динаміка надходження сировини, що спонукає весь час коригувати виробничі плани, змінні завдання. Виходячи з вище зазначеного, актуальною задачею є удосконалення методів управління за рахунок сучасних метаевристичних алгоритмів, які дозволяють за короткий час вирішувати більшість задач управління складними ієрархічними системами та технологічними комплексами.

Основний текст.

Автори роботи [1] запропонували для розв'язання задач управління виробництвом харчового підприємства інформаційну технологію, що основана на комбінуванні алгоритмів мурашиної колонії, сірих вовків та генетичного. Робота [2] направлена на застосування методу мурашиної колонії для розв'язання задачі планування виконання договорів. Робота [3] направлена на дослідження теоретичних підходів планування виробничих процесів, а також виділено чинники, що негативно впливають на процес планування з використанням методів оптимізації.



В роботі взято за основу математичні моделі представлені в роботах [1-2], а також враховуються чинники зазначені в роботі [3].

Для розв'язання багатокритеріальної задачі, як правило, використовується метод Парето. Ефективність за Парето – це такий стан системи, при якому будь-яке покращення одного з критеріїв не може бути виконано без погіршення інших показників. За словами Парето: будь-яка зміна, яка не погіршує жодний з показників та поліпшує хоча б один, є покращенням.

Ефективність за Парето, з математичної точки зору, сформульовано наступним чином: вектор розв'язків $\bar{x} \in S$ називається ефективним за Парето, якщо не існує такого $\bar{x}' \in S$, при якому $f_i(\bar{x}') \leq f_i(\bar{x})$ для кожного $i = 1, 2, \dots, k$ і при цьому $f_i(\bar{x}') < f_i(\bar{x})$ для хоча б одного i , де k – кількість функцій оптимізації. Множина ефективних розв'язків за Парето позначається $P(S)$ – також називається Парето-фронтом.

Множина станів системи, які є оптимальними за Парето, називаються множиною Парето або компромісні стани. Критерій Парето часто застосовується в економічній сфері, адже є центральним поняттям при розв'язанні економічних задач. Ефективність за Парето визначається трьома правилами:

1. Критерій оптимальності не є загальний сумарний прибуток за усіма критеріями, а максимальна корисність для кожного суб'єкту з його наявними ресурсами.
2. Необхідною умовою досягнення оптимальності є забезпечення рівноваги, тобто досягнення такого стану системи за якого відхилення будь-якого з показників викликає погіршення користі хоча б одного з суб'єктів.
3. Покращення одного з критеріїв не повинно викликати погіршення хоча б одного іншого критерію.

Використання методу Парето не завжди можливо застосувати, якщо задача передбачає необхідність здійснення урахування різних критеріїв вибору, або не можливо звести усі критерії до узагальнюючого.

Враховуючи вище зазначене запропоновано застосування алгоритму кажанів та його модифікації.

До особливостей поведінки кажанів під час полювання відносять спроможності активно збирати інформацію і дуже швидко приймати рішення. Для орієнтації в просторі кажани використовують ехолокацію - вони випускають ультразвук, який досягає жертви і відбивається назад. Більшість видів кажанів володіє досконалими засобами ехолокації, які використовуються ними для виявлення здобичі і перешкод, а також для забезпечення можливості розміститися на поверхні в темряві [4].

Завдяки ехолокації кажан визначає розташування жертви та здійснює напад. Кажан приймає рішення про свої дії у просторі дуже швидко на основі отриманої інформації із зовнішнього середовища. Така здатність є результатом процесу еволюції.

Однією з основних переваг алгоритму кажанів є швидкість виконання і



потенційно більша потужність, ніж в алгоритмі рою частинок. Алгоритм може здатися складнішим, ніж більшість інших алгоритмів ройового інтелекту, проте він може бути досить ефективно застосований до задач оптимізації та забезпечити пошук оптимальних результатів, витрачаючи меншу кількість часу.

Алгоритм кажанів дотримується наступних правил:

- усі кажани використовують ехолокацію, щоб аналізувати відстань, а також відрізнити їжу та природні перешкоди;
- кажани переміщуються випадковим чином зі швидкістю v_i в позиції x_i з фіксованою частотою f_{min} , змінною довжиною хвилі λ і гучністю A_0 , щоб знайти здобич;
- кажани можуть автоматично регулювати довжину хвилі (або частоту, оскільки частота = $1/\text{довжина хвилі}$), випускання імпульсу і швидкість імпульсу r_i $[0,1]$, що залежать від відстані до певного об'єкту або здобичі;
- показник гучності змінюється від більшого A_0 до меншого постійного значення A_{min} .

Враховуючи, що швидкість звуку в повітрі приблизно дорівнює 300 м/с, довжина хвилі для звуку з постійною частотою визначається формулою (1).

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1)$$

Кажани використовують затримку від випромінювання сигналу до виявлення відлуння, різницю в часі виявлення відлуння в двох вухах для того, щоб побудувати тривимірну модель оточуючого простору. Використовуючи побудовану модель, вони виявляють відстань до оточуючих предметів, відстань до цілі, тип здобичі, швидкість її руху. При цьому вони використовують ефект Допплера, який полягає у зміні частот і довжини хвилі випромінювання через рух джерела випромінювання хвилі [австрійського фізика Крістіана Допплера]. Якщо джерело хвиль рухається в середовищі і при цьому випромінює хвилі, то відстань між хвилями залежить від швидкості та напрямку руху джерела і приймача. Якщо джерело рухається в напрямку до приймача, тобто наздоганяє хвилі, то довжина хвилі зменшується, і навпаки – якщо рухається в напрямку протилежному джерелу, то довжина збільшується за формулою (2).

$$\lambda = \frac{2\pi(c-v)}{w_0} \quad (2)$$

де w_0 – кутова частота хвилі;

c – швидкість поширення хвиль в середовищі;

v – швидкість джерела звуку відносно середовища (зі знаком «+», якщо джерело наближується до приймача і зі знаком «-», якщо віддаляється).

Для роботи алгоритму використовуються наступні значення:

- частоти хвилі лежать у діапазоні $[f_{min}; f_{max}]$;
- відповідають діапазону довжин хвиль $[\lambda_{min}; \lambda_{max}]$.



Опишемо рух кажанів деякими формулами, що необхідні алгоритму

$$f_i = f_{\min} + (f_{\max} - f_{\min})\beta \quad (3)$$

$$v_i^t = v_i^{t-1} + (x_i^t - x_*)f_i \quad (4)$$

$$x_i^t = x_i^{t-1} + v_i^t \quad (5)$$

де $\beta \in [0,1]$ – випадкова величина;

x_* – найкращий поточний розв'язок.

На кожній ітерації алгоритму відбувається оновлення амплітуди імпульсу і його емісія. Коли кажан наближається до цілі, гучність його імпульсів зменшується (30), а частота імпульсів збільшується (31).

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t \quad (6)$$

$$r_i^{t+1} = r_i^0 \left[1 - \frac{1}{e^{\gamma t}}\right] \quad (7)$$

де α та γ константи.

Складність такого алгоритму напряму залежить від кількості осіб в зграї, що використовується в алгоритмі, кількості екстремумів та розмірності задачі.

У додатку Е наведено псевдокод класичного алгоритму кажанів.

Алгоритм хаотичного кажана (chaotic bat algorithm CBA) використовує у своїй основі теорію хаосу з використанням кусково-хаотичних карт. Хаотичні системи є дуже поширеними в природних та соціальних системах, що мають складну, випадкову та точну характеристику. Хаотичний рух - це дуже нестабільний рух у детермінованій системі, обмежений простором кінцевих фаз. Хаос - це форма аперіодичного руху, яка є унікальною та загальною у нелінійних системах. На основі результатів роботи [5] для застосування алгоритму хаотичного кажана запропоновано початкового значення 0.7, адже воно забезпечує швидкість знаходження оптимального рішення.

Алгоритм кажана на основі коефіцієнта скорочення shrink factor bat algorithm (SBA) використовується для уникнення попадання у локальний оптимум, що може сприяти уникненню знаходження глобального оптимуму. Для уникнення такої проблеми, пропонується використовувати коефіцієнт скорочення, який забезпечить різноманітність популяції та підвищить ефективність пошуку оптимуму. Для застосування такого підходу формула (6) перетворюється на формулу (8).

$$V_i^t = V_i^{t-1} + (x_i^{t-1} - x_*)f_i * k \quad (8)$$

$$k = \frac{2}{|2 - d - \sqrt{d - 4d}|}$$

де d – константа, що підбирається в залежності від експерименту.

Проведено порівняння наступних наведених алгоритмів. У зв'язку з тим, що автори не можуть розголошувати комерційну інформацію, а саме відомості про асортимент та обсяги продукції в замовленні, терміни виконання замовлень, закупівельні ціни на сировину, собівартість продукції тощо,



ефективність інформаційної технології запропоновано оцінити на основі наступних показників: час пошуку оптимального розкладу; ефективність знайденого плану (визначається як відхилення від оцінки фактичного плану за цільовою функцією); скорочення часу виконання замовлень (розраховується як різниця між фактичним та запропонованим планом).

Необхідно відмітити, що час пошуку оптимального плану залежить від характеристик комп'ютерної техніки. Провівши тестування на різних комп'ютерах є можливість стверджувати, що за необхідності зменшення часу виконання в 3 рази та більше, доцільно застосовувати техніку з наступними або подібними параметрами Intel Core i9-9900X (3.5 - 4.4 ГГц) / RAM 32 ГБ / SSD 1 ТБ. Час пошуку визначався від початку старту алгоритму до отримання результату.

Найефективнішими алгоритмами виявилися алгоритм кажана на основі стратегії пошуку польотів кажана на основі коефіцієнта скорочення.

Висновки.

За результатами порівняння розглянутих алгоритмів пропонується використання алгоритму кажана на основі коефіцієнта скорочення. Алгоритм кажана на основі коефіцієнта скорочення підтверджує свою ефективність в якості методів випадкового пошуку. До недоліків даного методу варто віднести велике число вільних параметрів від значення яких часто залежить результат, з іншого боку, відсутні підстави для вибору цих значень. Розглянуті методи увійдуть як окремий модуль до СППР для управління виробництвом харчовим підприємством.

Література:

1. Грибков С.В. Розробка інформаційної технології планування виконання замовлень для харчового підприємства / С.В. Грибков, О.В. Харкянен, В.О. Овчарук, І.В. Овчарук // Східно-європейській журнал передових технологій, 2020. - V 1, № 3 (103) - С. 62-73. DOI: 10.15587 / 1729-4061.2020.195455
2. Грибков С.В. Web-орієнтована система підтримки прийняття рішень при плануванні виконання договорів / С.В. Грибков, Г.В. Олійник, В.А. Литвинов // Східно-європейській журнал передових технологій, 2018. - V 3, № 2 (93) - С. 13-24. DOI: 10.15587 / 1729-4061.2018.132604
3. Suganthi Jeyasingh. Modified Bat Algorithm for Feature Selection with the Wisconsin Diagnosis Breast Cancer (WDBC) Dataset [Електронний ресурс] / Suganthi Jeyasingh, Malathi Veluchamy // Asian Pacific Journal of Cancer Prevention. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5555532/>.

Abstract. The work is devoted to the improvement of the food production management system on the example of a dairy plant using modern algorithms and information technologies. The paper considers the multicriteria problem of production management and proposes the solution of the problem of planning the execution of orders as a multicriteria problem of decision making based on meta-heuristic algorithms. Modifications of the algorithm and their application are considered in the work.

The analysis of literary sources is carried out. The mathematical model proposed by the



authors in previous works is highlighted. The Pareto approach is considered, and its anecdotes are highlighted. The algorithm and its modifications are investigated. A study on the application of the bat algorithm and its modifications was conducted. Based on the results of comparison of the considered algorithms, the use of the bat algorithm based on the reduction factor is proposed. The bat's algorithm based on the reduction factor proves its effectiveness as a random search method.

The disadvantages of this method include a large number of free parameters, the value of which often depends on the result, on the other hand, there is no reason to choose these values. The considered methods will be included as a separate module in DSS for food production management of the enterprise

Key words: algorithm, dairy plant, bat algorithm.

Статья отправлена: 10.06.2020 г.

© Грибков С.В., Седих О.Л.