

являється сучасним програмно-технічним інструментом для збільшення рентабельності пасажирських перевезень і ефективним способом покращення організації транспортного обслуговування населення. Вона заснована на безконтактному модулі NFC (Near Field Communication), який використовується для автоматизованого обліку і контролю проїзду пасажирів на громадському пасажирському транспорті.

Ключові слова: АСКОП, мобільний модуль NFC, валідація, валідатор, смарт-карти.

Бойко Юрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра транспортних технологій, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, Україна, e-mail: bojko.ura@mail.ru.

Бойко Юрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра транспортних технологій, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, Україна.

Bojko Yuriy, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine, e-mail: bojko.ura@mail.ru

УДК 519.86:004.827

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47906

Егорова О. В.

КОМПОЗИЦІЙНИЙ МЕТОД РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ФОРМУВАННЯ ЗАПАСІВ ТОВАРІВ, ЯКІ ВТРАЧАЮТЬ ПРИРОДНІ ВЛАСТИВОСТІ

У статті запропоновано композиційний метод спрямованої оптимізації, адаптований до розв'язання задачі формування запасів товарів, які втрачають природні властивості, з урахуванням комплексу факторів. Досліджено алгоритм його реалізації в повному просторі пошуку можливих розв'язків. Розглянуто аспекти програмної реалізації методу. Виконано експериментальну верифікацію. Наведено результати порівняльного аналізу.

Ключові слова: оптимізація, моделювання, запаси, природний убуток, брак, інфляція, обмеження, штрафні функції.

1. Вступ

Достовірний розрахунок необхідного обсягу товарного запасу, його асортименту та якісного складу ускладнений невідповідністю діючих економічних механізмів і нормативів сучасній тривалості життєвого циклу товарів у сфері обліку їх природних втрат, нестабільністю ситуації на ринку та відсутністю вичерпної інформації при плануванні постачання. В такому випадку ефективне управління запасами можливе за умови моделювання процесів їх створення та вичерпання.

2. Аналітичний огляд літературних джерел та постановка проблеми

Проблеми управління запасами товарів, які втрачають природні властивості переважно вивчають зарубіжні науковці. Головна увага спрямовується на побудову моделей економічного обсягу замовлення товарів з відтермінуванням сплати вартості поставки [1, 2] та формалізації моделей замовлення товарів із застосуванням методу дисконтування грошових потоків [3, 4]. Дослідження способів задання параметрів попиту та оцінки природного зменшення запасів наведено в роботах [5, 6]. Оскільки, процеси поповнення та вичерпання запасів товарів, які здатні втрачати природні властивості, мають неперервний характер, для їх опису використовують диференціальні рівняння. Недолік розглянутих моделей полягає у тому, що в них не передбачено врахування результатів вхідного контролю якості продукції, який є обов'язковим етапом процесу постачання, наприклад, як у роботі [7].

Таким чином, у науковій літературі не знайшли свого відображення задачі оптимального замовлення товарів, які втрачають природні властивості, з урахуванням такого комплексу факторів як: відтермінування сплати вартості поставки, урахуванням невідповідності певної кількості придбаних товарів стандартам якості, зміна вартості грошей у часі, інфляція внаслідок чого момент часу і обсяг замовлення товарів при прийнятті рішень залишаються невідомими.

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — інформаційно-аналітичне забезпечення процесів прийняття рішень при формуванні запасів товарів, які здатні втрачати природні властивості.

Метою дослідження є підвищення ефективності процесів прийняття рішень при формуванні запасів товарів, що втрачають природні властивості, з урахуванням комплексу факторів, шляхом розробки моделей управління запасами і адаптації композиційного методу спрямованої оптимізації до їх розв'язання.

Для досягнення цієї мети в роботі поставлені та розв'язані такі задачі:

- виконати аналіз релевантних ідей та моделей підтримки прийняття рішень при формуванні запасів товарів;
- виконати параметричну ідентифікацію моделей формування запасів товарів, які втрачають природні властивості;
- адаптувати композиційний метод спрямованої оптимізації до розв'язання задачі формування

запасів товарів, які втрачають природні властивості, з обмеженнями;
 – виконати експериментальну верифікацію.

4. Постановка задачі формування запасів товарів, які втрачають природні властивості, з урахуванням комплексу факторів

Оптимальний обсяг Q_j закупівлі товарів j -го виду, будемо визначати використовуючи інформацію про вподобання споживачів (V_1, V_2, \dots, V_j) , властивості продукції $(S_1^j, S_2^j, \dots, S_j^j)$, вимоги до якості продукції $(W_1^j, W_2^j, \dots, W_g^j)$, умови постачання $(E_1^j, E_2^j, \dots, E_k^j)$, форму оплати B , прибутковість інвестицій в запаси $(R_1^j, R_2^j, \dots, R_0^j)$:

$$Q_j = F(V_j, S_1^j, W_g^j, E_k^j, B, R_0^j). \quad (1)$$

Ідентифікація залежності (1) може бути виконана за різних початкових умов і припущень, серед яких основними є такі:

1. Поповнюються запаси одного виду продукції.
2. Поповнюються запаси декількох видів продукції.
3. Виконання постачальником зобов'язань щодо забезпечення належної якості забракованих товарів може здійснюватися декількома способами у в будь-який час після отримання відповідного звернення.
4. Вартість грошей змінюється у часі.
5. Існують обмеження ресурсів.

Пропонована загальна постановка задачі визначення оптимального обсягу замовлення товарів з урахування комплексу таких факторів, як: відтермінування сплати вартості поставки, невідповідності певної кількості придбаних товарів стандартам якості, помилки вхідного контролю, зміна вартості грошей у часі та інфляції, наведена в [8]. У залежності від ситуації розглянемо такі практичні інтерпретації зазначеної задачі.

Модель 1. Припустимо, що товари для врегулювання реклаमाцій будуть одержані до вичерпання наданих у позику товарів після завершення їх вхідного контролю. Метою ОПП є реалізація товарів з максимальною рентабельністю, тому задача визначення оптимальних параметрів операційного циклу зводиться до такої оптимізаційної задачі:

$$\max ROS_j(I_b, I_m, I_s), \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, 20\}, \quad M \in \Omega, \quad N \in \Omega, \quad (2)$$

$$\Omega = \left\{ \begin{array}{l} t_2 \leq M < t_3 < T, t_3 \leq M < t_4 < T, t_4 \leq M < t_5 < T, \\ t_5 \leq M < T, M > T, \\ t_2 \leq M < N < t_3 < T, t_3 \leq M < N < t_4 < T, \\ t_4 \leq M < N < t_5 < T, \\ t_5 \leq M < N < T, N > M > T, t_2 \leq M < t_3 < N < t_4 < t_5 < T, \\ t_2 \leq M < t_3 < t_4 < N < t_5 < T, t_2 \leq M < t_3 < t_4 < t_5 < N < T, \\ t_3 \leq M < t_4 < N < t_5 < T, t_3 \leq M < t_4 < t_5 < N < T, \\ t_4 \leq M < t_5 < N < T, t_2 \leq M < t_3 < t_4 < t_5 < T < N, \\ t_3 \leq M < t_4 < t_5 < T < N, t_4 \leq M < t_5 < T < N, \\ t_5 \leq M < T < N, \end{array} \right.$$

при обмеженнях:

– вартість поставки має відповідати потребам позичальника:

$$E_{\min} \leq P_c \leq E_{\max},$$

– загальний обсяг закуповуваних запасів не повинен перевищувати місткості складських приміщень:

$$b \cdot c \cdot d \cdot \lambda \cdot (t_1 + t_2) \leq W,$$

– витрати на зберігання запасів не повинні перевищувати їх вартості:

$$C_h < P_c,$$

– належний рівень обслуговування покупців:

$$P \left(a_2 \leq 1 - \frac{u+1}{\beta \cdot \lambda (t_1 + t_2)} \right) \leq p_s,$$

де

$$ROS_j(I_b, I_m, I_s) = \frac{\begin{pmatrix} (R_s)_j - K - (P_c)_j - C_{si} - \\ -C_{rg} - C_h - C_d - C_s - C_{un} - \\ -C_{adi} - C_{md} - IP_j + IE_j \end{pmatrix}}{(R_s)_j}, \quad j = 1, 2, \dots, 20,$$

R_s – дохід від реалізації продукції, I_b – обсяг незадоволеного попиту, I_m – гранично допустимий обсяг запасу, що може бути сформований, I_s – максимально можливий обсяг запасу бездефектних товарів, що може бути сформований, K – витрати на оформлення замовлення, P_c – витрати, пов'язані із придбанням товарних запасів, C_{si} – витрати на здійснення вхідного контролю якості продукції, C_{rg} – витрати на повернення виробнику бракованих виробів, C_h – витрати, пов'язані із зберіганням товарних запасів, C_d – збитки, внаслідок втрачання продукцією природних властивостей, C_s – збитки, зумовлені вичерпанням товарних запасів, C_{un} – збитки, зумовлені зверненням покупців до інших продавців аналогічного товару у разі вичерпання запасів, C_{adi} – збитки від визнання придатної продукції такою, що має дефекти, C_{md} – збитки від визнання дефектної продукції такою, що не має дефектів, IP – відсотки за користування кредитом, IE – дохід від розміщення на депозиті виручки від реалізації, b, c, d – габаритні розміри одиниці продукції, W – місткість складського приміщення, p_s – рівень обслуговування безпосередніх споживачів, u – гранично допустима кількість бракованих виробів у партії поставки, $[E_{\min}; E_{\max}]$ – прийнятні витрати, пов'язані із придбанням запасів.

З основних залежностей між показниками операційного циклу, оптимальний обсяг замовлення товарів визначаємо за формулою:

$$Q = \lambda t_2, \quad (3)$$

$$t_2 = t_1 - \frac{1}{\gamma \cdot \theta} \ln \left(1 - \frac{\gamma \cdot \theta \cdot I_m}{(((1-\beta)(1-a_1) + \beta \cdot a_2) \lambda - D)} \right),$$

$$t_1 = \frac{I_b}{D - \lambda((1-\beta)(1-a_1) + \beta \cdot a_2)},$$

де θ — швидкість втрачання товаром природних властивостей за одиницю часу, γ — частка товарних запасів, що будуть утилізовані за одиницю часу, β — ймовірність виявлення товарів неналежної якості при здійсненні вхідного контролю, a_1 — ймовірність визнання придатної продукції такою, що має дефекти, a_2 — ймовірність визнання продукції з дефектами придатною.

Модель 2. Припустимо, що товари для врегулювання реклаमाцій будуть одержані одразу після завершення вхідного контролю партії поставки. Метою ОПР є реалізація товарів з максимальною рентабельністю, тому задача визначення оптимальних параметрів операційного циклу зводиться до такої оптимізаційної задачі:

$$\max ROS_j(I_b, I_m, I_s), \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, 20\}, \quad M \in \Omega, \quad N \in \Omega, \quad (4)$$

$$\Omega = \left\{ \begin{array}{l} t_2 \leq M < t_3 < T, \quad t_3 \leq M < t_4 < T, \quad t_4 \leq M < t_5 < T, \\ t_5 \leq M < T, \quad M > T, \quad t_2 \leq M < N < t_3 < T, \\ t_3 \leq M < N < t_4 < T, \\ t_4 \leq M < N < t_5 < T, \quad t_5 \leq M < N < T, \quad N > M > T, \\ t_2 \leq M < t_3 < N < t_4 < t_5 < T, \quad t_2 \leq M < t_3 < t_4 < N < t_5 < T, \\ t_2 \leq M < t_3 < t_4 < t_5 < N < T, \quad t_3 \leq M < t_4 < N < t_5 < T, \\ t_3 \leq M < t_4 < t_5 < N < T, \quad t_4 \leq M < t_5 < N < T, \\ t_2 \leq M < t_3 < t_4 < t_5 < T < N, \quad t_3 \leq M < t_4 < t_5 < T < N, \\ t_4 \leq M < t_5 < T < N, \quad t_5 \leq M < T < N, \end{array} \right.$$

при обмеженнях:

$$E_{\min} \leq P_C \leq E_{\max},$$

$$b \cdot c \cdot d \cdot \lambda \cdot (t_1 + t_2) \leq W,$$

$$C_h < P_C,$$

$$P \left(a_2 \leq 1 - \frac{u+1}{\beta \cdot \lambda (t_1 + t_2)} \right) \leq p_s.$$

З основних залежностей між показниками операційного циклу, оптимальний обсяг замовлення товарів визначаємо за формулою:

$$Q = \lambda t_2, \quad (5)$$

де

$$t_2 = t_1 - \frac{1}{\gamma \cdot \theta} \ln \left(1 - \frac{I_s \cdot \gamma \cdot \theta}{(((1-\beta)(1-a_1) + \beta \cdot a_2) \lambda - D)} \right),$$

$$t_1 = \frac{I_b}{D - \lambda((1-\beta)(1-a_1) + \beta \cdot a_2)}.$$

Модель 3. Припустимо, що товари для врегулювання рекламацій будуть одержані наприкінці терміну вичерпання наданих у позику запасів. Метою ОПР є реалізація товарів з максимальною рентабельністю, тому задача визначення оптимальних параметрів операційного циклу зводиться до такої оптимізаційної задачі:

$$\max ROS_j(I_b, I_m, I_s), \quad \forall j \in \{1, 2, \dots, 14\}, \quad M \in \Omega, \quad N \in \Omega, \quad (6)$$

$$\Omega = \left\{ \begin{array}{l} t_2 \leq M < t_3 < T, \quad t_3 \leq M < t_4 < T, \quad t_4 \leq M < T, \quad M > T, \\ t_2 \leq M < N < t_3 < T, \\ t_3 \leq M < N < t_4 < T, \quad t_4 \leq M < N < T, \quad N > M > T, \\ t_2 \leq M < t_3 < N < t_4 < T, \\ t_2 \leq M < t_3 < t_4 < N < T, \quad t_3 \leq M < t_4 < N < T, \\ t_2 \leq M < t_3 < t_4 < T < N, \\ t_3 \leq M < t_4 < T < N, \quad t_4 \leq M < T < N, \end{array} \right.$$

при обмеженнях:

$$E_{\min} \leq P_C \leq E_{\max},$$

$$b \cdot c \cdot d \cdot \lambda \cdot (t_1 + t_2) \leq W,$$

$$C_h < P_C,$$

$$P \left(a_2 \leq 1 - \frac{u+1}{\beta \cdot \lambda (t_1 + t_2)} \right) \leq p_s.$$

З основних залежностей між показниками операційного циклу, оптимальний обсяг замовлення товарів визначаємо за формулою:

$$Q = \lambda t_2, \quad (7)$$

$$t_2 = t_1 - \frac{1}{\gamma \cdot \theta} \ln \left(1 - \frac{I_m \cdot \gamma \cdot \theta}{(((1-\beta)(1-a_1) + \beta \cdot a_2) \lambda - D)} \right),$$

$$t_1 = \frac{I_b}{D - \lambda((1-\beta)(1-a_1) + \beta \cdot a_2)}.$$

Параметрична ідентифікація наведених моделей є складним, нетривіальним процесом, внаслідок великої розмірності задачі та наявності обмежень. Разом з тим, розв'язання задач (2), (4), (6) супроводжується деякими уточненнями результату. Тому пошук оптимальних значень Q , T здійснимо за допомогою методу [9, 10], що не потребує перевірки додаткових умов на характеристики цільової функції.

5. Композиційний метод розв'язання задачі формування запасів товарів, які втрачають природні властивості

Технологія спрямованої оптимізації є інструментом пошуку розв'язку оптимізаційних задач в умовах, коли досліджуваній простір пошуку є надто великим, негладким і неунімодальним, або цільова функція пошуку є зашумленою, або задача не вимагає знаходження

надто точного глобального оптимуму. Метод може бути застосований до функцій, що не мають аналітичного опису та для задач, для розв'язування яких не існує загальновідомих методів. Вона базується на композиційному поєднанні декількох технік: еволюційних стратегій, методів аналізу ієрархій та теорії нечітких множин.

Запропонований метод містить такі кроки:

Крок 1. Встановити лічильник ітерацій $t = 0$.

Крок 2. Визначити початкову кількість потенційних розв'язків $p = \overline{1, \lambda}$ та згенерувати рівномірно розподілені на Ω потенційні розв'язки $\mathbf{x} = ((I_b^1, I_m^1, I_s^1), (I_b^2, I_m^2, I_s^2), \dots, (I_b^\lambda, I_m^\lambda, I_s^\lambda))$, що задовольняють умові $a_i \leq x_i \leq b_i$.

Крок 3. Обчислити значення функції, оптимум якої шукаємо, в точках $(I_b^1, I_m^1, I_s^1), \dots, (I_b^\lambda, I_m^\lambda, I_s^\lambda)$: $f_1^t = f(I_b^1, I_m^1, I_s^1), \dots, f_\lambda^t = f(I_b^\lambda, I_m^\lambda, I_s^\lambda)$.

Крок 4. Перевірити критерії завершення пошуку екстремуму функції.

Крок 5. Виконати нормування значень f_p^t так, щоб

$$f_p^{ht} \in [0;1], \quad \sum_{p=1}^{\lambda} f_p^{ht} = 1.$$

Крок 6. Сформувані матрицю попарних порівнянь Сааті S таким чином. Серед нормованих значень функції знаходимо мінімальне f_p^{ht} , розбиваємо відрізок $[0;1]$ на 10 інтервалів: $[0;0,1], [0,1;0,2], \dots, [0,9;1]$. Тоді для всіх $h \in \{1, 2, \dots, \lambda\}$, якщо $f_p^{ht} \in [0,1k;0,1+0,1k)$ і $f_l^{ht} \in [0,1l;0,1+0,1l)$, де $k, l \in \{0, 1, \dots, 9\}$, то $s_{ph} = l - k + 1$.

Інші елементи матриці S розраховуються так: $s_{pq} = \frac{s_{pq}}{s_{pr}}$.

Крок 7. Розрахувати власні числа матриці S і для максимального власного числа a_{\max} знаходимо відповідний власний вектор w . Значення w_p вказують на міру оптимальності (квазіоптимальності) потенційних розв'язків $x_p^t = (I_b, I_m, I_s)$.

Крок 8. Згенерувати «нащадків» і сформувані нову популяцію, базуючись на мірі оптимальності w_p потенційних розв'язків $x_p^t = (x_i)$. Для цього серед елементів власного вектора знаходимо мінімальний w_{\min} і максимальний w_{\max} . Впорядковуємо міри оптимальності потенційних розв'язків за спаданням на відрізок $[w_{\max}; w_{\min}]$ і поділимо їх на три групи: *близькі до оптимальних* (large) A_L , *середні* (medium) A_M та *квазіоптимальні* (small) A_S .

Для потенційних розв'язків, що належать до групи A_L , нащадків формуємо таким чином:

$$\text{if } w_p \text{ is } A_L \text{ then } x_p^{t+1} = x_p^t + e^{\xi_p} \cdot \sigma_p \cdot z_p,$$

$$\text{де } \xi_p = \tau \cdot N(0,1), \quad \tau = \frac{1}{3}, \quad \sigma_p = \sigma \cdot e^{\frac{1}{d_i}} \left(\frac{|z_p|}{E|N(0,1)|} - 1 \right) \cdot e^{\frac{1}{d}} (\xi_p),$$

$d_i \approx n$, $d \approx \sqrt{n}$, $z_p = N(0, I)$, $N(0, I) = N(0, \text{diag}(\sigma)^2)$, σ – вектор покоординатного стандартного відхилення.

Для потенційних розв'язків, що належать до групи A_M , нащадків формуємо таким чином:

$$\text{if } w_p \text{ is } A_M \text{ then } x_p^{t+1} = x_p^t + \xi \left(N(0, \sigma_p^t) \right),$$

де $\sigma_p = \frac{1}{3} d_{\max} = \frac{1}{3} \max \{d(x_p^t, x_L), d(x_p^t, x_R)\}$ – вектор по координатних дисперсіях розв'язку, $d(x_p^t, x_L)$ – відстань до найближчого лівого (або точки a) сусіда-розв'язка із групи medium, $d(x_p^t, x_R)$ – відстань до найближчого правого (або точки b) сусіда-розв'язка із групи medium.

Для потенційних розв'язків, що належать до групи A_S , нащадків формуємо таким чином:

$$\text{if } w_p \text{ is } A_S \text{ then } x_p^{t+1} = x_p^t + \sigma \cdot N(0, I),$$

$$\text{де } \sigma = \sigma \cdot e^{\frac{1}{d}} \left(1_{f^t(x) \leq f^{t-1}(x)} - \frac{1}{5} \right), \quad v, j = \overline{1, t}, \quad d \approx \sqrt{n+1}.$$

Крок 9. На попередньому кроці виконано генерацію $\lambda \cdot \beta$ потенційних розв'язків. Знаходимо відповідні значення функції f . За цими значеннями, а також за значеннями $f_1^t, f_2^t, \dots, f_\lambda^t$ визначаємо λ кращих розв'язків $\mathbf{x}^{t+1} = ((I_b^1, I_m^1, I_s^1), (I_b^2, I_m^2, I_s^2), \dots, (I_b^\lambda, I_m^\lambda, I_s^\lambda))$ і переходимо на крок 2.

Крок 10. Завершення роботи алгоритму.

В процесі ідентифікації параметрів моделей формування запасів для врахування обмежень використано штрафну функцію, головна ідея якої полягає у заміні обмежень виду $g_i(x) \leq 0$, $i = 1, \dots, n$, множиною нечітких змінних C_1, \dots, C_m , $k = 1, \dots, m$: $\mu_{C_k}(x) = \mu_{\sigma(b_k, \epsilon_k)}(g_k(x))$, $k = 1, \dots, m$, де ϵ_k – додатне дійсне число, яке визначає дозволена похибка порушення обмеження:

$$\mu_{\sigma(a,b,c,d)}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq b-a, \\ \frac{e^{x-b+a}}{2b}, & b-a < x \leq b, \\ \frac{1}{2}, & b < x \leq c, \\ \frac{e^{x-c}}{2c}, & c < x \leq d, \\ 0, & d+c < x. \end{cases} \quad (8)$$

Функція пристосованості обчислювалася за формулою:

$$\phi(x) = f(x) \times \min(\mu_{C_1}(x), \dots, \mu_{C_m}(x)).$$

Ефективність композиційного методу спрямованої оптимізації пояснюється тим, що він працює із оновленими вибірковими сукупностями, сформованими із найкращих точок попередньої сукупності та нових точок, які прийшли попередній відбір. Крім того, не потрібно цілочисловий аналог подавати у бінарному представленні, і навпаки, виконувати схрещення, що скорочує час пошуку оптимального розв'язку.

6. Результати моделювання та їх аналіз

Розглянемо таку задачу. Підприємство, що спеціалізується на реалізації товарів побутової хімії дрібного пакування, аналізує стратегію організації постачання, за якої максимізується рентабельність продажів.

Підприємство може реалізувати 30000 одиниць певного виду продукції за рік. Продукція закуповується за ціною 25 грн/од. Товар, що відповідає стандартам якості, реалізується за ціною 50 грн/од. Продукція з виробничими дефектами повертається підприємству-постачальнику для усунення недоліків, а продукція з іншими типами невідповідностей відпускається за ціною 20 грн/од.

Постачання товару здійснюється з інтенсивністю 170000 одиниць за рік. Товари, що є предметом договору поставки, здатні втрачати природні властивості зі швидкістю 0,6 од. за рік, а при їх прийманні можуть бути виявлені браковані одиниці. Допустимий обсяг товарних запасів, що будуть утилізовані в процесі реалізації, визначено в розмірі 0,10 % від загального обсягу запасів. Перевірка якості товарів здійснюється з інтенсивністю 25000 одиниць за рік. Виявлення товарів неналежної якості при здійсненні вхідного контролю відбувається з ймовірністю 0,4. Визнання придатної продукції такою, що має дефекти, можливе з ймовірністю 0,2, а визнання продукції з дефектами придатною – з ймовірністю 0,1. При цьому рівень обслуговування безпосередніх споживачів повинен становити 95 %. Гранично допустима кількість бракованих виробів у партії поставки не повинна перевищувати 100 одиниць.

Постачання продукції при врегулюванні рекламаций відбувається з інтенсивністю 8000 одиниць за рік. Виявлення бракованих виробів серед отриманих для врегулювання рекламаций можливе з ймовірністю 0,7. Визнання придатної продукції, отриманої для врегулювання рекламаций, такою, що має дефекти, можливе з ймовірністю 0,05, а визнання дефектної продукції, отриманої для врегулювання рекламаций, бездефектною – з ймовірністю 0,1.

На оформлення одного замовлення потрібно витратити 100 грн. Витрати на здійснення вхідного контролю якості продукції становлять 0,5 грн/од. При здійсненні вхідного контролю, визнаючи придатну продукцію такою, що має дефекти, підприємство втрачає 25 грн/од., а визнаючи дефектну продукцію такою, що не має дефектів, – 100 грн/од. Вартість зберігання придатної продукції становить 5 грн/од. за рік, а бракованої – 3 грн/од. за рік. Збитки від природного зменшення запасів оцінюються 2 грн/од. Збитки внаслідок відсутності та відтермінування продажу одиниці товару оцінюються, відповідно, в 10 грн/од. за рік та 15 грн/од. за рік. Витрати на повернення виробнику одного бракованого виробу становлять 30 грн/од. Прийнятні витрати, пов'язані із придбанням запасів, становлять від 100 000 до 200 000 грн. Місткість складського приміщення 980 кв. м., а габаритні розміри одиниці продукції 0,2 м × 0,09 м × 0,05 м.

Передбачається одержання додаткового прибутку у результаті розміщення на депозиті доходу від реалізації за діючою на ринку ставкою 16 % річних. Згідно з договором поставки, укладеним із постачальником, купівля товару здійснюється з відтермінуванням кінцевого розрахунку на 30 днів під 18 % річних. Допускається продовження початково встановленого строку позички на 50 днів під 21 % річних. Очікується, що темп інфляції протягом року становитиме 3 %.

Необхідно визначити оптимальний обсяг однієї поставки та тривалість операційного циклу.

Для дослідження, метою якого було з'ясування ефективності роботи методу при розв'язанні задач параметричної ідентифікації з використанням різних штрафних

функцій, виконано фіксоване число викликів алгоритму. При цьому початкова популяція містила 50 індивідів, максимальне число можливих ітерацій – 300, ймовірність мутації – 2 %.

Результати розв'язання задачі визначення обсягу поставки та тривалості операційного циклу подано у вигляді табл. 1–3.

Таблиця 1

Визначення обсягу партії поставки та тривалості операційного циклу з використанням адаптивних штрафних функцій

Назва моделі	Рентабельність продажів $ROS(I_b, I_m, I_s)$	Обсяг замовлення (Q), од.	Тривалість операційного циклу (T), років	Час розрахунку, хв.
Модель 1	0,300	1240,0	0,072	0,9221
Модель 2	0,310	1174,7	0,068	0,8686
Модель 3	0,293	1231,0	0,071	0,8778

Таблиця 2

Визначення обсягу партії поставки та тривалості операційного циклу з використанням нечітких штрафних функцій

Назва моделі	Рентабельність продажів $ROS(I_b, I_m, I_s)$	Обсяг замовлення (Q), од.	Тривалість операційного циклу (T), років	Час розрахунку, хв.
Модель 1	0,299	1238,5	0,072	0,9036
Модель 2	0,318	1178,2	0,069	0,8486
Модель 3	0,293	1230,7	0,072	0,8602

Таблиця 3

Визначення обсягу партії поставки та тривалості операційного циклу з використанням розробленої штрафної функції

Назва моделі	Рентабельність продажів $ROS(I_b, I_m, I_s)$	Обсяг замовлення (Q), од.	Тривалість операційного циклу (T), років	Час розрахунку, хв.
Модель 1	0,300	1240,0	0,072	0,8852
Модель 2	0,311	1175,0	0,069	0,8748
Модель 3	0,293	1232,0	0,072	0,8446

Приведені для заданих початкових умов розрахунки свідчать, що рентабельність продажів товарів буде максимальною на рівні 31,8 % при здійсненні на 25 днів замовлення обсягом 1178 одиниць за умови, що товари для врегулювання рекламаций будуть одержані одразу після завершення вхідного контролю партії поставки.

Проведені експерименти свідчать, що найкращі результати за прийнятний час отримані у випадку використання розробленої штрафної функції у порівнянні з адаптивними та нечіткими штрафними функціями, що пояснюється її спрямованістю на моделювання нечітких величин.

7. Висновки

Запропоновано композиційний метод спрямованої оптимізації, адаптований до розв'язання задачі формування запасів товарів, які втрачають природні властивості,

з урахуванням комплексу факторів. Проведені експерименти свідчать, що найкращі результати за прийнятний час отримані у випадку використання розробленої штрафної функції, що пояснюється її спрямованістю на моделювання нечітких величин.

Перспективним напрямом майбутніх досліджень є вдосконалення способів формування нових індивідів в композиційному методі спрямованої оптимізації та експериментальна верифікація ефективності його роботи у порівнянні з іншими еволюційними методами обчислень при розв'язанні задачі формування запасів товарів, які втрачають природні властивості, з урахуванням комплексу факторів.

Література

1. Chung, K. J. Lot-sizing decisions under trade credit depending on the ordering quantity [Text] / K. J. Chung, J. J. Liao // Computers & Operation Research. — 2004. — Vol. 31, № 6. — P. 909–928. doi:10.1016/s0305-0548(03)00043-1
2. Sharma, A. Optimal policy for EOQ model with two level of trade credits in one replenishment cycle [Text] / A. Sharma, R. Goel, N. K. Dua // American Journal of Operations Research. — 2012. — Vol. 2, № 1. — P. 51–58. doi:10.4236/ajor.2012.21006
3. Shah, N. H. Optimal inventory policies for Weibull deterioration under trade credit in declining market [Text] / N. H. Shah, N. Raykundaliya // Indus Journal of Management & Social Sciences. — 2009. — Vol. 3, № 2. — P. 11–20.
4. Hou, K. L. A cash flow oriented EOQ model with deteriorating items under permissible delay in payments [Text] / K. L. Hou, L. C. Lin // Journal of Applied Sciences. — 2009. — Vol. 9, № 9. — P. 1791–1794. doi:10.3923/jas.2009.1791.1794
5. Rajeswari, N. An inventory model for items with two parameter Weibull distribution deterioration and backlogging [Text] / N. Rajeswari, T. Vanjikkodi // American Journal of Operations Research. — 2012. — Vol. 2, № 2. — P. 247–252. doi:10.4236/ajor.2012.22029
6. Tripathy, C. K. An EOQ model for three parameter Weibull deterioration with permissible delay in payments and associated salvage value [Text] / C. K. Tripathy, L. M. Pradhan // International Journal of Industrial Engineering Computations. — 2012. — Vol. 3, № 2. — P. 115–122. doi:10.5267/j.ijiec.2011.07.004

7. Hsu, J.-T. Two EPQ models with imperfect production processes, inspection errors, planned backorders, and sales returns [Text] / J.-T. Hsu, L.-F. Hsu // Computers & Industrial Engineering. — 2013. — Vol. 64, № 1. — P. 389–402. doi:10.1016/j.cie.2012.10.005
8. Yegorova, O. Fuzzy expected value model with inspection errors and two level of trade credit in one replenishment cycle [Text] / O. Yegorova // Information Models and Analyses. — 2014. — Vol. 3, № 1. — P. 37–52.
9. Єгорова, О. В. Багатомірна технологія спрямованої оптимізації [Текст]: праці міжнар. наук.-практ. конф., 12–15 травня 2015 р., Київ-Черкаси / О. В. Єгорова, В. Є. Снитюк // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи). — Черкаси: видавець Ю. Чабаненко, 2015. — С. 68–69.
10. Єгорова, О. В. Оптимізація замовлення товарів на базі генетичного алгоритму з використанням нечітких штрафних функцій [Текст] / О. В. Єгорова, І. О. Пасішний // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2014. — № 5/4(71). — С. 63–67. doi:10.15587/1729-4061.2014.27915

КОМПОЗИЦИОННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ТОВАРОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ

В статье предложен композиционный метод направленной оптимизации, адаптированный для решения задачи формирования запасов товаров, подверженных естественной убыли, с учетом комплекса факторов. Исследован алгоритм его реализации, в основе которого находится полное пространство поиска возможных решений. Рассмотрены аспекты программной реализации метода. Выполнена экспериментальная верификация. Приведены результаты сравнительного анализа.

Ключевые слова: оптимизация, моделирование, запасы, естественная убыль, брак, инфляция, ограничения, штрафные функции.

Єгорова Ольга Вячеславівна, асистент, кафедра інформаційних технологій проектування, Черкаський державний технологічний університет, Україна, e-mail: yegorovaov@gmail.com.

Єгорова Ольга Вячеславовна, асистент, кафедра інформаційних технологій проектування, Черкаський державний технологічний університет, Україна.

Yegorova Olga, Cherkasy State Technological University, Ukraine, e-mail: yegorovaov@gmail.com.

УДК 681.5+519.7+616.98

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47907

**Гече Ф. Е.,
Мулеса О. Ю.,
Миронюк І. С.,
Вашкеба М. М.**

ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОФІЦІЙНО ЗАРЕЄСТРОВАНИХ ВІЛ-ІНФІКОВАНИХ ОСІБ В РЕГІОНІ

Розглядається задача прогнозування кількісних характеристик офіційно зареєстрованих ВІЛ-інфікованих осіб в регіоні як задача прогнозування на основі динамічного ряду. Проаналізовано особливості розв'язання задачі деякими методами прогнозування, а також за допомогою синтезованої прогнозної схеми на основі базових моделей. Обчислено зазначені прогнозні значення на період з 2015 по 2019 років.

Ключові слова: модель прогнозування, часовий ряд, кількісні характеристики офіційно зареєстрованих ВІЛ-інфікованих осіб.

1. Вступ

Аналіз проблем, які вирішуються спеціалістами різних науково-прикладних галузей у ході здійснення

ними своєї професійної діяльності свідчать про доцільність застосування спеціального математичного апарату для розв'язування цілого ряду прикладних задач. Однією з таких задач є задача прогнозування кількісних