УДК 519.67

Ю.О. Шаповалов, к.т.н.
Житомирський державний технологічний університет

ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ У РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ОБ'ЄКТІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ВИДУ

Запропоновано генетичний алгоритм для розв'язання задач оптимізації розміщення геометричних об'єктів складної форми на області із зонами заборони, в якому використовується метод можливих напрямків та метод спрямованого переходу.

Вступ. Проблеми оптимального розміщення геометричних об'єктів на заданій області виникають у різних сферах діяльності людини. Наприклад, при транспортуванні вантажів виникають проблеми їх щільного розміщення та розміщення з урахуванням максимального відхилення центру мас системи від заданої точки або осі. При компонуванні елементів різноманітних пристроїв виникають проблеми мінімізації довжини з'єднуючих каналів, мінімізації взаємного негативного впливу елементів конструкції, забезпечення рівномірного температурного режиму елементів та ін. При розробці гнучких виробничих систем виникають проблеми розташування обладнання з метою мінімізації часу його обслуговування промисловими роботами. Всі ці завдання зводяться до задач оптимізації розміщення геометричних об'єктів на області заданої форми з різноманітними критеріями якості, що залежать від параметрів розміщення.

Постановка проблеми. В даному дослідженні розглядається задача оптимізації розміщення об'єктів спеціального виду на багатозв'язній області. Необхідно розмістити об'єкти так, щоб заданий критерій якості досягав свого мінімуму. На розміщення накладено умови , за якими об'єкти взаємно не перетинаються та їх пересування в межах заданої області. Об'єкти, що розміщуються, можна поділити на взаємно-орієнтовані прямокутники, сторони яких паралельні координатним осям. Область розміщення описується системою нерівностей, що містить диференційовані функції. Крім цього, в області розміщення існують зони заборони у вигляді композиції орієнтованих прямокутників.

Аналіз джерел дослідження. Універсальних ефективних методів розв'язання задач оптимізації розміщення не існує. Найбільш дослідженими є задачі щільного розміщення. Для їх розв'язання, здебільшого пропонуються методи, які використовують те, що оптимальний розв'язок даних задач слід шукати на межі області припустимих розв'язків [1–3].

Дане дослідження пов'язане з розробкою методів, що можна застосовувати для розв'язання не лише задач щільного розміщення, але й задач з іншими критеріями якості. В роботі [4] розглядається задача оптимізації розміщення прямокутників у прямокутнику з довільною, неперервно-диференційованою функцією цілі. Для розв'язання задачі оптимізації багатоекстремальної функції на неопуклій, багатозв'язній, часто незв'язній множині можливих розв'язків запропоновано використати ідею декомпозиції множини припустимих розв'язків на опуклі підмножини та замінити розв'язання вихідної задачі розв'язанням сукупності менш складних задач оптимізації. У випадку, коли область розміщення має форму прямокутника, а об'єкти можна розкласти на орієнтовані прямокутники, в роботі [5] для розв'язання підзадач розроблено метод G-проекцій.

У зв'язку з тим, що кількість підзадач із ростом кількості об'єктів збільшується дуже швидко [4], ще одним напрямком досліджень є пошук способу вибору підзадач. В роботі [6] для перебору підзадач використано метод гілок та меж. Але його застосування обмежено задачами невеликої вимірності. В дослідженні [7] для розв'язання задачі оптимізації розміщення об'єктів в області із зонами заборони для вибору підзадач запропоновано метод спрямованого переходу. Даний метод дозволяє здійснювати спрямований перебір підзадач тільки у межах однієї компоненти зв'язності множини припустимих розв'язків вихідної задачі. В дослідженні [8] вибір підзадач, не залежно від компонент зв'язності, здійснюється за допомогою генетичного алгоритму.

Мета даного дослідження. Вдосконалення алгоритму вибору підзадач у декомпозиційних методах розв'язання задач оптимізації розміщення об'єктів спеціальної форми на області із зонами заборони з різними критеріями якості шляхом комбінації ідей використання генетичного алгоритму [8] та методу спрямованого переходу [7].

Виклад основної частини. Задано m об'єктів F_i, $i=\overline{1,m}$, що необхідно розмістити в опуклій області Ω та s зон заборони у вигляді об'єктів F_j, $j=\overline{m+1,m+s}$, положення яких фіксовано. На рисунку 1 наведено приклад припустимого розміщення об'єктів $F_1...F_3$ на області Ω у вигляді еліпсу обмеженого координатними осями та зонами заборони $F_4...F_7$.

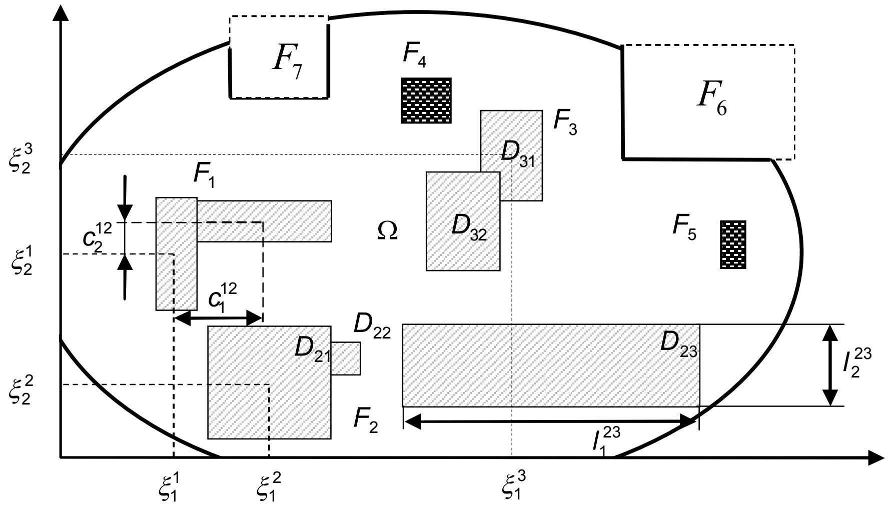

Рис. 1. Приклад припустимого розміщення об'єктів складної форми на області із зонами заборони

Усі об'єкти F_i, $i=\overline{1,m+s}$ орієнтовані так, що їх сторони паралельні координатним осям. Кожен з об'єктів F_i, $i=\overline{1,m+s}$ можна поділити на прямокутники D_{i1}, D_{i2},…, D_{im_i}.

Положення об'єкта F_i, $i=\overline{1,m+s}$ в області Ω визначається координатами $Z^i(\xi_1^i,\xi_2^i)$ геометричного центру його складової D_{i1}. Кожна складова D_{ij} характеризується наступними параметрами:

$$\left\{L^{ij}(l_1^{ij},l_2^{ij}), Z^{ij}(\xi_1^{ij},\xi_2^{ij}), C^{ij}\left(c_1^{ij},c_2^{ij}\right)\right\},\ i=\overline{1,m},\ j=\overline{1,m_i}.$$

де i – номер об'єкта F_i, до якого належить складова D_{ij}; j – порядковий номер складової в об'єкті F_i; m – кількість об'єктів F_i; m_i – кількість складових, що входять до складу об'єкта F_i; $L^{ij}\left(l_1^{ij},l_2^{ij}\right)$ – розміри сторін складової D_{ij}; $Z^{ij}\left(\xi_1^{ij},\xi_2^{ij}\right)$ – координати полюса складової D_{ij}, $i=\overline{1,m}$, $j=\overline{1,m_i}$; $C^{ij}\left(c_1^{ij},c_2^{ij}\right)$ – координати складових D_{ij}, $i=\overline{1,m}$, $j=\overline{1,m_i}$, в рухомій системі координат, початок якої знаходиться в полюсі об'єкта F_i (для D_{i1}, $C^{i1}=\left(0;0\right)$, $i=\overline{1,m}$).

Таким чином, в умові задачі для визначення об'єктів F_i, $i=\overline{1,m+s}$, необхідно задати розміри $L^{ij}(l_1^{ij},l_2^{ij})$ усіх складових D_{ij}, $j=\overline{1,m_i}$ та їх положення $C^{ij}(c_1^{ij},c_2^{ij})$ у рухомій системі координат, центр якої співпадає з полюсом $Z^i(\xi_1^i,\xi_2^i)$ відповідного об'єкта F_i, а осі паралельні сторонам прямокутників.

Для всіх складових D_{ij}, що є частиною об'єкта F_i вводяться обмеження:

$$\xi_k^{ij}=\xi_k^{i1}+c_k^{ij},\ i=\overline{1,m},\ j=\overline{2,m_i},\ k=\overline{1,2}, \qquad ()$$

де $\xi_k^{i1}=\xi_k^i$ – координати полюса D_{i1} (співпадають з координатами об'єкта F_i).

Положення об'єктів F_i, $i=\overline{1,m}$ в області Ω однозначно визначається координатами вектора $Z(Z^1,Z^2,...,Z^m)$.

Положення інших складових $D_{ij} \subset F_i$, $i = \overline{1,m}$, $j = \overline{2,m_i}$ однозначно визначається з (). Координати $(\xi_1^{m+1}, \xi_2^{m+1}, \xi_1^{m+s}, \xi_2^{m+s})$ фіксованих об'єктів F_j, $j = \overline{m+1, m+s}$, є константами. Отже, має місце задача умовної оптимізації:

$$\chi(Z) \to \min, Z \in G, \qquad ()$$

де $Z(Z^1, Z^2, ..., Z^m)$ – параметр розміщення об'єктів F_i, $i = \overline{1,m}$; $\chi(Z)$ – неперервно-диференційована функція або функція максимуму неперервно-диференційованих функцій; G – множина припустимих розв'язків задачі, що визначаються умовами належності області Ω об'єктів, що розміщуються, а також умовами їх неперетину між собою та з фіксованими об'єктами.

Для невиходу об'єкта F_i, $i = \overline{1,m}$ за межі області Ω, достатньо накласти обмеження на положення вершин, що є кутовими точками опуклої оболонки його складових D_{ij}, $j = \overline{1,m_i}$. У загальному випадку ці обмеження можна записати так:

$$\varphi_p(Z) \le 0, \; p = \overline{1,v}, \qquad ()$$

де $\varphi_p(Z)$ – неперервно-диференційовані функції.

Для виконання умови неперетину об'єктів F_i, F_k, $i = \overline{1,m}$, $k = \overline{i+1, m+s}$, потрібно забезпечити неперетин складових D_{ij}, D_{kl}, $j = \overline{1,m_i}$, $l = \overline{1,m_k}$, що належать різним об'єктам, а для цього достатньо, щоб для кожної пари об'єктів виконувалась одна з таких умов (умови взаємного неперетину фіксованих об'єктів не накладаються):

$$\left|\xi_t^i + c_t^{ij} - \left(\xi_t^k + c_t^{kl}\right)\right| \ge \frac{l_t^{ij} + l_t^{kl}}{2}, \; i = \overline{1,m}, \; j = \overline{1,m_i}, \; k = \overline{i+1, m+s}, \; l = \overline{1,m_k}, \; t = \overline{1,n}. \qquad ()$$

Для спрощення викладення, розглянемо випадок, коли об'єкти мають вигляд прямокутників D_i, $i = \overline{1,m}$.

Множина припустимих розв'язків G задачі () через обмеження () – неопукла, часто незв'язна з великою кількістю багатозв'язних компонент зв'язності. Класичні методи умовної оптимізації потребують опуклості множини припустимих розв'язків, тому застосовувати ці методи безпосередньо до задачі () є недоцільним та в більшості випадків – неможливим. Пропонується провести декомпозицію множини припустимих розв'язків задачі на опуклі підмножини і здійснювати оптимізацію вихідної функції цілі на отриманих підмножинах шляхом розв'язання послідовності відповідних підзадач.

Розкривши модулі в обмеженнях неперетину пари прямокутників $\left(D_j, D_k\right)$, отримаємо об'єднання систем лінійних нерівностей, що має такий вигляд:

$$\xi_1^j - \xi_1^k \ge \frac{l_1^j + l_1^k}{2} \vee \xi_1^k - \xi_1^j \ge \frac{l_1^j + l_1^k}{2} \vee \xi_2^j - \xi_2^k \ge \frac{l_2^j + l_2^k}{2} \vee \xi_2^k - \xi_2^j \ge \frac{l_2^j + l_2^k}{2}, \; j = \overline{1,m}, \; k = \overline{j+1, m}. \qquad ()$$

Тобто, для забезпечення неперетину пари прямокутників $\left(D_j, D_k\right)$ достатньо, щоб виконувалась одна з відповідних чотирьох нерівностей. Неопуклу множину припустимих розв'язків, що має складну структуру, можна подати у вигляді об'єднання опуклих підмножин [4]:

$$G = \bigcup_{j=1}^{r} G_j,$$

де $r = 4^{\frac{m(m-1)}{2}}$; m – сумарна кількість складових (прямокутників) усіх об'єктів.

Тоді розв'язком вихідної задачі є найкращий із розв'язків наступних підзадач:

$$\chi(Z) \to \min, Z \in G_j, \; j = \overline{1,r}. \qquad ()$$

Кожна з підмножин G_j визначається системою нерівностей, до якої належать обмеження невиходу об'єктів за межі області Ω та лінійні нерівності неперетину об'єктів (по одній з чотирьох можливих нерівностей () для кожної пари прямокутників $\left(D_j, D_k\right)$.

Будь-яку з підмножин G_j, $j=\overline{1,r}$, однозначно визначає вектор:

$$H\left(h_{12}, h_{13}, \ldots, h_{1m}, h_{23}, h_{24}, \ldots, h_{2m}, \ldots, h_{m-1m}\right), \qquad ()$$

де $h_{jk} \in \overline{0,3}$, $j=\overline{1,m-1}$, $k=\overline{j+1,m}$.

Значення координати h_{jk} визначає номер нерівності (), що задає умови неперетину пари об'єктів D_j, D_k.

Вимірність вектору () визначається так:

$$N=\frac{m(m-1)}{2}, \qquad ()$$

де m – кількість складових.

Кількість нерівностей, що визначають кожну з підмножин G_j, $j \in \overline{1,r}$

$$q=s+N, \qquad ()$$

де s – кількість обмежень () невиходу за межі області Ω; N – кількість нерівностей, що визначають умови неперетину об'єктів (визначається за формулою ()).

На рисунку 2 зображено приклад припустимого розміщення прямокутників у прямокутній області. Лінія, що з'єднує кожну пару об'єктів означає нерівність, що задає обмеження неперетину відповідних прямокутників.

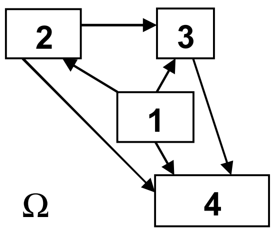

Рис. 2. Приклад припустимого розміщення об'єктів

Для наведеного розміщення побудуємо вектор () та відповідні обмеження, що задають підмножину G_i. Кількість об'єктів $m=4$, тому розмірність вектору () $N=6$. Вектор () має наступний вигляд $H(h_{12}, h_{13}, h_{14}, h_{23}, h_{24}, h_{34})$.

Об'єкт 1 знаходиться: праворуч від 2 ($h_{12}=0$), нижче за 3 ($h_{13}=3$), вище за 4 (.$h_{14}=2$.).

Об'єкт 2: ліворуч від 3 ($h_{23}=1$), вище за 4 ($h_{24}=2$).

Об'єкт 3: вище ніж 4 ($h_{34}=2$).

В результаті отримуємо вектор $H^1(0;3;2;1;2;2)$. Відповідна підмножина G_i задається наступними обмеженнями:

$$\begin{gathered}\xi_1^1-\xi_1^2 \geq \frac{l_1^1+l_1^2}{2} \wedge \xi_2^3-\xi_2^1 \geq \frac{l_2^1+l_2^3}{2} \wedge \xi_2^4-\xi_2^1 \geq \frac{l_2^1+l_2^4}{2} \wedge \\ \wedge \xi_1^3-\xi_1^2 \geq \frac{l_1^2+l_1^3}{2}\, \xi_2^2-\xi_2^4 \geq \frac{l_2^2+l_2^4}{2} \wedge \xi_2^3-\xi_2^4 \geq \frac{l_2^3+l_2^4}{2}\end{gathered} \qquad ()$$

До системи обмежень () також додаються обмеження () невиходу об'єктів за межі області Ω.

При такому розбитті множини G на підмножини, існують деякі особливості. Для наведеного на рисунку 2 розміщення можна побудувати декілька векторів () і, відповідно, систем обмежень. Це означає, що розміщення одночасно належить декільком опуклим підмножинам G_i. Для наведеного прикладу $H^2(3;3;2;1;2;2)$ визначає одну з таких підмножин. Тобто при застосуванні наведеного алгоритму розбиття множини G, існують такі опуклі підмножини $G_i, G_j \subset G$, для яких $G_i \cap G_j \neq \varnothing$, де $i \neq j$ та $i, j \in \overline{1, r}$. Слід зазначити, що існують вектори (), що задають несумісні системи обмежень.

При розбитті множини припустимих розв'язків кількість підмножин швидко зростає із збільшенням кількості об'єктів. Розв'язати усі підзадачі, навіть для задачі оптимізації розміщення шести прямокутників, за даний час неможливо. Тому, необхідно знайти розв'язок вихідної задачі по можливості виключивши з безпосереднього розгляду максимальну кількість підзадач.

Для розв'язання підзадач використовується модифікований метод можливих напрямків [8]. Для пошуку підмножини, що містить оптимальний розв'язок – модифікація генетичного алгоритму в комбінації з методом спрямованого переходу.

Пропонується за допомогою генетичного алгоритму здійснювати вибір початкової підзадачі () (здійснювати перебір компонент зв'язності множини припустимих розв'язків) для її подальшого розв'язання модифікованим методом можливих напрямків з використанням спрямованого переходу [7].

Для застосування генетичного алгоритму необхідно вирішити наступні питання: спосіб подання хромосом; вигляд функції придатності; алгоритм знаходження та виправлення неприпустимих хромосом.

Хромосома – це вектор (). Кожній хромосомі відповідає підзадача (). Геном хромосоми назвемо координату вектора (). Значення гена – це номер тієї з нерівностей (), що включається в систему обмежень.

Для оцінки хромосоми будується відповідна підмножина G_i підзадачі (). Обирається початкове наближення $Z^0 \in G_i$, та розв'язується підзадача із застосуванням методу можливих напрямків та спрямованого переходу між підмножинами. За оцінку хромосоми приймається значення функції цілі, що відповідає результуючому розміщенню.

Алгоритм знаходження оцінки хромосоми

1. Хромосома проходить першу процедуру корекції.
2. Методом можливих напрямків з використанням спрямованого переходу розв'язується задача умовної оптимізації $\chi(Z) \to \min, Z \in G, Z^0 \in G_i$. В результаті знаходиться $m(H^i) = \min\limits_{Z \in G} \chi(Z)$, $Z^0 \in G_i$. Якщо $G_i = \varnothing$ перехід до пункту 3, інакше $m(H^i)$ є оцінкою хромосоми.
3. Хромосома проходить другу процедуру виправлення.
4. Методом можливих напрямків з використанням спрямованого переходу розв'язується задача умовної оптимізації (). В результаті знаходиться $m(H^i) = \min\limits_{Z \in G} \chi(Z)$, $Z^0 \in G_i$.

   Якщо ,$G_i = \varnothing$, то $m(H^i) = \infty$, $m(H^i)$ є оцінкою хромосоми.

   Алгоритми процедур виправлення наведено в [8].

Початкові дані для роботи генетичного алгоритму: кількість хромосом у популяції; імовірності схрещування та мутації; кількість учасників турніру при відборі хромосом для схрещування; метод розв'язання підзадач для оцінки придатності хромосоми; критерії зупинки роботи алгоритму (досягнення проценту конвергенції та максимальна кількість популяцій); дані, що необхідні для формування та розв'язання підзадач ().

Генетичний алгоритм

1. Випадковим чином генерується початкова популяція.
2. Знаходяться оцінки хромосом. Оцінка популяції – це краща з отриманих оцінок.
3. Формується нова популяція, для цього:
   - 3.1. Обирається пара претендентів на схрещування.
   - 3.2. Операція схрещування відбувається із заданою ймовірністю $p_{skr} \in [0,1]$. Для цього випадковим чином генерується число $p \in [0,1]$. Якщо $p \leq p_{skr}$ відбувається схрещування. Отримується хромосома «нащадок», інакше $(p > p_{skr})$: хромосома «нащадок» є повною копією кращого з претендентів на схрещування.
   - 3.3. Хромосома нащадок піддається мутації (із заданою ймовірністю) і потрапляє до нової популяції.
   - 3.4. Якщо кількість хромосом в новій популяції менша за визначену величину, перехід до п. 3.

4. Знаходяться оцінки кожної хромосоми нової популяції. Якщо оцінка нової популяції гірша за батьківську, то з батьківської популяції переноситься краща хромосома. При цьому, найгірша хромосома нової популяції знищується.
5. Якщо виконуються критерії зупинки, за розв'язок приймається розміщення, що відповідає кращій хромосомі, інакше, перехід до пункту 3.

В даній роботі для схрещування батьківські хромосоми обираються за допомогою схеми «турнірний відбір», що сприяє вибору найбільш придатних хромосом.

Алгоритм турнірного відбору

1. Випадковим чином із батьківської популяції відбираються хромосоми у кількості, що була наперед задана користувачем.
2. З обраних знаходиться пара хромосом із кращими значеннями функції придатності − це є претенденти на схрещування.
3. Усі обрані хромосоми повертаються до батьківської популяції.
4. Над обраними хромосомами проводиться схрещування.

Алгоритм одномісного схрещування

1. Генерується випадкове число, що належить інтервалу [0;1].

2. Якщо згенероване число більше, ніж імовірність схрещування, то хромосома нащадок копіює кращу з батьківської пари хромосом, інакше генерується випадкове ціле число, що належить інтервалу $[1:n]$ − позиція розтину, нащадок успадковує першу частину генів від одного з батьків, другу − від іншого.

Алгоритм мутації

1. Генерується випадкове число, що належить інтервалу [0;1].

2. Якщо згенероване число більше ніж імовірність мутації, то хромосома не змінюється, інакше генерується 2 випадкових цілих числа, що належать інтервалу $[1:n]$, і гени, що знаходяться на відповідних позиціях хромосоми обмінюються місцями.

Застосування генетичного алгоритму до задачі розміщення складених об'єктів

Для випадку задачі оптимізації розміщення об'єктів, кожен з яких можна розкласти на прямокутники, вектор () буде визначати тільки тип нерівностей, що обмежують положення складових, що належать різним об'єктам. Положення ж складових в одному об'єкті фіксовано умовами (). Якщо положення обох об'єктів фіксовано, обмеження на їх неперетин не накладаються, відповідні гени хромосоми також відсутні.

Результати обчислювального експерименту

Запропонований алгоритм програмно реалізований у середовищі Microsoft Visual Studio 2008 на мові програмування C++. У таблиці 1 наведено порівняння результатів отриманих при розв'язанні тестової задачі запропонованим методом та генетичним алгоритмом, що наведено у [8].

Параметри тестової задачі. Форма об'єктів − прямокутники. Кількість об'єктів − 10. Кожен об'єкт, окрім розмірів, має свою масу. Центри мас об'єктів співпадають з їх геометричними центрами. Задача має вигляд:

$$\chi(Z) = \left(x_1 - \left(\sum_{i=1}^{m} M_i \xi_1^i \right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{m} M_i \right) \right)^2 + \left(x_2 - \left(\sum_{i=1}^{m} M_i \xi_2^i \right) \Big/ \left(\sum_{i=1}^{m} M_i \right) \right)^2 \to \min, \ Z \in G,$$

де M_i − маса прямокутника D_i, $i = \overline{1,m}$.

Параметри методів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Параметри методів при розв'язанні тестової задачі

Параметр	Запропонований алгоритм	Генетичний алгоритм [8]
Результуюче значення функції цілі	0,427	1,19
Кількість хромосом у популяції	100	150
Кількість популяцій	500	1745
Час, затрачений на розв'язання, с.	680	56
Причина зупинки алгоритму	Досягнення заданої кількості популяцій (500)	Досягнення заданого відсотка конвергенції (98 %)

Висновки. Завдяки використанню спрямованого переходу між підмножинами при пошуку оцінки хромосоми вдалося покращити якість розміщень, що отримуються генетичним алгоритмом. Однак, це призвело до збільшення часу пошуку оцінки хромосоми. Подальшими напрямками дослідження є оптимізація швидкодії розробленого алгоритму, (процедури оцінювання хромосом) та дослідження можливості програмної реалізації запропонованого алгоритму з використанням технологій CUDA або OpenCL.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Стоян Ю.Г.* Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / *Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев*. – К. : Наукова думка, 1986. – 265 с.
2. Orthogonal packing of rectangular items within arbitrary convex region by nonlinear optimization / *E.G. Birgin, J.M. Marinez, F.H. Nishihara, D.P. Ronconi* // Computers & Operations Research. – 2006. – № 33. – P. 3535–3548.
3. *Новожилова М.В.* Решение задачи поиска глобального экстремума линейной функции цели на структуре линейных неравенств / *М.В. Новожилова* // Препр. / АН Украины. Ин-т пробл. Машиностроения. – № 292. – Харьков, 1988. – 45 с.
4. *Яремчук С.І.* Модифікація методу умовного градієнта для розв'язання задач оптимального розміщення джерел фізичних полів / *С.І. Яремчук, Д.О. Жовнивський, А.В. Співак* // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 1999. – № 9. – С. 248–253.
5. *Яремчук С.І.* Алгоритм розв'язання задачі розміщення прямокутників в прямокутній області / *С.І. Яремчук, Л.В. Рудюк* // Вісник Київського університету імені Тараса Шевченка. – 2005. – № 2. – С. 339–343.
6. *Яремчук С.І.* Оптимізація розміщення прямокутних об'єктів на опуклій області методом гілок та меж / *С.І. Яремчук, Ю.О. Шаповалов* // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2004. – № 4 (31). – Т. 2. – С. 161–167.
7. *Яремчук С.И.* Минимаксная задача оптимизации размещения объектов специального вида на многосвязной области / *С.И. Яремчук, Ю.А. Шаповалов* // Кибернетика и системный анализ. – 2007. – № 3. – С. 128–137.
8. *Яремчук С.І.* Застосування генетичного алгоритму до задач розміщення / *С.І. Яремчук, Ю.А. Шаповалов* // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. – 2002. – № 2 (21). – С. 130–133.

ШАПОВАЛОВ Юрій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри програмного забезпечення обчислювальної техніки Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

– методи оптимізації;

– комп'ютерне моделювання.

Подано 27.10.2010

Шаповалов Ю.О. Генетичний алгоритм в розв'язанні задач оптимізації розміщення об'єктів спеціального виду
Шаповалов Ю.А. Генетический алгоритм в решении задач размещения объектов специального вида
Shapovalov Yu.A. The genetic algorithm for problems of placement the objects with special shapes
/

УДК 519.67
Генетический алгоритм в решении задач размещения объектов специального вида / Ю.А. Шаповалов

Предложен генетический алгоритм для решения задач оптимизации размещения геометрических объектов сложной формы на области с зонами запрета, в котором используются метод возможных направлений и метод направленого перехода.

УДК 519.67
The genetic algorithm for problems of placement the objects with special shapes / Yu.A. Shapovalov

The genetic algorithm for optimization placement of geometric objects with complex shape in the region with banned zones, which uses the method of possible directions and the method of directed transition, is proposed.