

ЕВРИСТИЧНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ МНОЖИННОГО КОМПОНУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ ОБМЕЖЕНЬ

І. В. Шевченко, В. В. Артамонов, В. Є. Краскевич, Р. Р. Тагієв

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: silver055@mail.ru

Описано евристичний алгоритм формування набору комплектів, властивості яких нелінійно залежать від властивостей окремих компонентів. Формалізовано постановку задачі множинного компонування. Алгоритм використовує еволюційний принцип добору кращих рішень і оператори схрещування та мутації. З метою скорочення числа обчислювальних операцій розмір популяції обирається невеликим. Здійснюється попереднє виділення підмножин елементів, що задовольняють умовам сумісності для кожного комплекту, і поетапна генерація особин. Оператором мутації вважається заміна чи додавання елемента, що не належить на даний момент іншій особині. Оператором схрещування є перестановка елемента з одного комплекту в інший або двосторонній обмін елементами між комплектами. Розроблено програму, що реалізує запропонований алгоритм для вирішення практичної задачі формування завантажень зворотного матеріалу при виробництві монокристалів напівпровідників. Наведено графіки зміни значення критерію оптимальності при застосуванні алгоритму випадкового пошуку і запропонованого евристичного алгоритму. За допомогою запропонованого алгоритму була вирішена задача формування завантажень шихти під розплав арсеніду галію. Наведено графік залежності значення сумарних надлишків сировини полікристалічного матеріалу від заданої кількості завантажень при постійному числі наявних у розпорядженні технолога кусків зворотного матеріалу. Практичні випробування показали перевагу запропонованого алгоритму над алгоритмом випадкового пошуку.

Ключові слова: формування комплектів, популяційний алгоритм, мутація, схрещування, програмна реалізація, розв'язання практичної задачі.

ЭВРИСТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МНОЖЕСТВЕННОЙ КОМПОНОВКИ С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ

И. В. Шевченко, В. В. Артамонов, В. Е. Краскевич, Р. Р. Тагиев

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600. Украина. E-mail: silver055@mail.ru

Описан эвристический алгоритм формирования набора комплектов, свойства которых нелинейно зависят от свойств отдельных компонентов. Формализована постановка задачи множественной компоновки. Алгоритм использует эволюционный принцип отбора лучших решений и операторы скрещивания и мутации. В целях сокращения числа вычислительных операций размер популяции избирается небольшим. Осуществляется предварительное выделение подмножеств элементов, удовлетворяющих условиям совместимости для каждого комплекта, и поэтапная генерация особей. Оператором мутации считается замена или добавление элемента, не принадлежащего в данный момент другой особи. Оператором скрещивания является перестановка элемента из одного комплекта в другой или двусторонний обмен элементами между комплектами. Разработана программа, реализующая предложенный алгоритм для решения практической задачи формирования загрузок оборотного материала при производстве монокристаллов полупроводников. Приведены графики изменения значения критерия оптимальности при применении алгоритма случайного поиска и предложенного эвристического алгоритма. С помощью предложенного алгоритма была решена задача формирования загрузок шихты под расплав арсенида галлия. Приведен график зависимости значения суммарных излишков сырья поликристаллического материала от заданного количества загрузок при постоянном числе имеющихся в распоряжении технолога кусков оборотного материала. Практические испытания показали преимущество предложенного алгоритма над алгоритмом случайного поиска.

Ключевые слова: формирование комплектов, популяционный алгоритм, мутация, скрещивания, программная реализация, решение практической задачи.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Під множинним компонуванням будемо розуміти формування множини комплектів із подібних за фізичними властивостями предметів. Актуальність роботи обумовлена як широким практичним значенням таких задач, так і труднощами створення адекватних математичних моделей і методів їхнього вирішення [1]. Задачі множинних компонувань становлять значний інтерес для виробництва. Від якості отриманого рішення залежить ефективність використання ресурсів, продуктивність використання обладнання, час проектування і продуктивність праці. В умовах масового виробництва навіть незначна економія сировини на один виріб

може дати після приведення до річного обсягу продукції суттєву економію дефіцитних матеріалів чи витрат на збереження і транспортування. Цим визначається увага, що приділяється вдосконалюванню методів розрахунку компонувань.

Складність розв'язання задачі множинного компонування обумовлена її приналежністю до класу так званих NP-важких задач комбінаторної оптимізації [2]. У багатьох випадках застосування точних методів для її вирішення неможливо через значні витрати обчислювального часу. Тому для неї й інших складних задач розробляються, поряд із точними, численні евристичні і наближені методи [3–5]. У

їхньому числі широке застосування одержали еволюційні (ЕА) і генетичні алгоритми (ГА) [6, 7]. Відомо, що такі алгоритми асимптотичне сходяться [5]. При цьому якість отриманого рішення залежить від параметрів обраного методу розрахунку компонування. Генетичні алгоритми є більш універсальними порівняно з іншими алгоритмами оптимізації та, як правило, вимагають (при правильному виборі параметрів) найменшого числа ітерацій.

Виходячи зі сказаного вище, становить інтерес розробка та застосування евристичних еволюційних і генетичних алгоритмів для вирішення задачі множинного компонування, особливо в тих випадках, коли накладаються обмеження на властивості елементів і властивості формованих комплектів.

Важливим є також створення програмної реалізації, що дозволила б одержувати якісні вирішення виробничих задач за прийнятний час. У цьому також складається актуальність даної розробки.

Метою роботи є розробка математичної моделі, алгоритму і програмного забезпечення для вирішення задачі компонування об'єктів із різними значеннями фізичних параметрів, таких як габарити, маса, електричний опір і т.і.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Постановку задачі в загальному вигляді можна сформулювати в такий спосіб. Задана множина елементів, з яких необхідно формувати комплекти. Кожен елемент характеризують декілька величин (наприклад, маса, розміри і т.п.). Ці величини можуть приймати довільні значення у деяких межах. Кожен комплект також має задані властивості, що залежать від властивостей елементів, які потрапляють у комплект. Характерним обмеженням є те, що не всі елементи сумісні з усіма комплектами через кількісні й якісні розходження в деяких властивостях. Необхідно так сформувати комплекти, щоб задовольнити заданим обмеженням і досягти екстремального значення деякого критерію якості комплектів, (наприклад, мінімізувати величину відхилення маси кожного комплекту від заданого значення).

Для математичної постановки задачі введемо низку позначень:

1) $\Omega = \{\omega_n : n = \overline{1, N}\}$ – множина завдань на компонування комплектів. Кожне завдання ω_n характеризується набором властивостей: $P^{\omega_n} = \langle p_1^{\omega_n}, p_1^{\omega_n}, \dots, p_t^{\omega_n}, \dots, p_m^{\omega_n} \rangle$, де $p_t^{\omega_n}$ – значення t -ї властивості комплекту ω_n , $t = \overline{1, m}$;

2) $E = \{e_k : k = \overline{1, K}\}$ – множина елементів. Кожен елемент e_k також характеризується набором тих же властивостей $P^e = \langle p_1^e, \dots, p_t^e, \dots, p_m^e \rangle$, де p_t^e – значення t -ї властивості елемента, $t = \overline{1, m}$;

3) матриця обмежень застосовності елементів для комплектів $A = \{a_{kn}\}$, де $a_{kn} = 1$, якщо k -й елемент може бути використаний у комплекті n і $a_{kn} = 0$ – у протилежному випадку;

4) основна властивість елементів і комплектів $p_d \in P$, за якої необхідно оптимізувати процес формування комплектів.

Для визначеності будемо вважати, що значення параметра p_d кожного комплекту не повинне перевищувати заданого значення p_d^0 , але повинно максимально наближатися знизу до заданого значення. Тоді можна вважати, що мета оптимізації досягнута, якщо зведена до мінімуму сума відхилень для всіх комплектів за заданої властивості p_d

$$Q^* = \min \left(\sum_{n=1}^N |p_{dn}^0 - p_{dn}| \right). \quad (1)$$

Запишемо обмеження задачі:

Сумарне значення основної властивості кожного комплекту обмежено значенням $p_{d\omega}^0$:

$$p_{d\omega} \leq p_{d\omega}^0. \quad (2)$$

Кожний елемент e_k , що входить у комплект ω_n , повинний задовольняти умові сумісності:

$$a_{kn} \neq 0 \quad \forall e_k \in \omega_n. \quad (3)$$

Будь-яка властивість комплекту функціонально пов'язана з однойменною властивістю елемента, при цьому значення властивості є обмеженим. Не втрачаючи спільності, можна записати:

$$p_t^\omega = f(p_t^e) \leq r_t^\omega, \quad (4)$$

де f – нелінійна функція; $r_t^{\omega_n}$ – максимальне значення параметра $p_t^{\omega_n}$.

Таким чином, вирази (1)–(4) дають математичну модель задачі оптимізації множинного компонування з нелінійними обмеженнями.

Деяка воля у виборі елементів у межах заданих обмежень дозволяє використовувати різні множини альтернативних рішень для одержання оптимальних чи раціональних результатів. Тоді процес оптимізації компонування елементів пов'язаний з вибором стратегії розміщення елементів, тобто з пошуком і визначенням послідовності операцій алгоритму розв'язання поставленої задачі.

Як було зазначено вище, для вирішення задач компонування перспективним напрямком є застосування так званих метаевристик, у тому числі ЕА і ГА [6]. Аналіз літератури дозволив висловити наступні припущення: ефективність алгоритму залежить від вибору конкретної метаевристики, способу конструювання околиць і, значною мірою, від способу кодування компонування та виду алгоритму, що здійснює перебудовування комплектів у процесі еволюції.

Будь-яке альтернативне рішення, що наводиться набором параметрів x_i , відповідає одному елементу множини A потужності M альтернативних рішень, яка має назву популяції [6]. Кожному елементу із цієї множини відповідає поняття особини. Кожній особині, у свою чергу, відповідає кодовий запис – хромосома. Кожна хромосома складається із дискретних елементів, що зветься генами. Відповідно, кожен ген відображає конкретний параметр x_i . Гени розміщуються в хромосомі у визначених позиціях – локусах. Ген може мати різні функціональні значен-

ня, так звані аллелі. Частковий набір генів має назву будівельного блоку. Обмін генами чи блоками генів дає можливість складати альтернативні рішення задачі розміщення. Число можливих альтернатив розміщення в загальному випадку складає $K!$, де K – число елементів математичної моделі компонування. У кожній епосі пошуку еволюційний алгоритм оперує деякою підмножиною A' ($A' \subseteq A$) альтернативних рішень потужності M' . Для кожної хромосоми в популяції визначається значення функції мети (ФМ) відповідно до обраного критерію оптимізації задачі компонування.

У контексті задачі кожен член популяції повинен містити стільки будівельних блоків, скільки комплектів містить множина Ω . Локуси хромосоми будуть містити номери елементів.

Кодувати номери елементів або їхню вагу двійковим кодом не має сенсу, тому що ці величини не можуть змінюватися у процесі еволюції. Приймемо, що хромосома містить N блоків по числу комплектів, а локуси містять номери елементів. У кожному блоці розміщуються номери елементів, що входять в один комплект. Крім того, у блоці можуть бути і «порожні» локуси. Це необхідно для того, щоб можна було спростити дотримання обмежень при формуванні блоку і хромосоми в цілому.

Наявність обмежень завжди є проблемою для еволюційних і генетичних алгоритмів. Це пов'язано з тим, що в процесі формування популяції припустимих рішень необхідно перевіряти обмеження для кожної особини, що ускладнює обчислення, особливо, якщо врахувати, що додавання будь-якого елемента в комплект призводить до зміни параметрів комплекту, а, отже, до зміни значень r_i^{ω} в обмеженнях (3).

Для визначеності будемо вважати, що основним параметром комплекту є маса. При вирішенні задачі компонувань будемо виходити з декількох евристичних правил.

Насамперед, є доцільним здійснювати попереднє виділення підмножин елементів, що задовольняють умовам сумісності для кожного комплекту, і поетапну генерацію особин.

Генерація особин може проводитись у два чи більш етапи. На першому етапі для заповнення комплектів використовуються елементи, що мають найбільшу масу. На наступних етапах у комплекти включаються елементи з меншою масою. Цим досягається швидкість алгоритму та більш точне регулювання маси комплекту. Для реалізації цього процесу всі елементи необхідно сортувати за масою, і потім розбити масив на кілька зон із використанням заздалегідь призначених граничних рівних мас. Граничні рівні можна змінювати в процесі налаштування алгоритму під конкретну задачу. Від кількості зон певною мірою залежить і точність підбору маси комплектів.

Формування підмножин елементів за умовами сумісності виконується шляхом перевірки поточних обмежень (2), (3) для кожного елемента стосовно кожного комплекту.

Грунтуючись на викладених вище міркуваннях, сформулюємо етапи базового варіанту алгоритму для популяції рішень із розмірністю M .

Крок 1. Упорядкування всієї множини елементів $E = \{e_k : k = \overline{1, K}\}$ за зменшенням маси і поділ цієї множини на зони. Не втрачаючи спільності, будемо вважати, що кількість зон – 2. У першій зоні знаходяться елементи з великими значеннями маси («великі» елементи), а в другій – з малими значеннями маси («малі» елементи).

Крок 2. Формування підмножин сумісності для великих елементів шляхом перевірки і корекції обмежень (2) і (3).

Крок 3. Генерація першої популяції з розміром M .

3.1 Для кожної особини заповнити будівельні блоки великими елементами таким чином, щоб набрати близько 75 % маси для кожного комплекту. В процесі заповнення обчислювати нові межі r_i^{ω} для обмежень (2.3) і перевіряти ці обмеження.

3.2 Заповнити будівельні блоки хромосом малими елементами, дотримуючись обмежень (2), (3) і перераховуючи межі $r_i^{\omega n}$.

Крок 4. Обчислення ФМ (1) індивідуально для всіх членів популяції, тобто для $N=1$.

Крок 5. Упорядкування популяції за зменшенням ФМ.

Крок 6. Якщо найкраща особина задовольняє умови зупинці, то кінець, інакше перехід до кроку 7.

Крок 7. Вибір деякої підмножини особин і застосування генетичних операторів до даних особин. У даному алгоритмі оператором мутації вважається заміна чи додавання елемента, що не належить на даний момент іншій особині. Оператором «схрещування» є перестановка елемента з одного комплекту в іншій або обмін елементами між комплектами.

Крок 8. Перевірка виконання обмежень (2)–(4) для нових особин. Добір припустимих особин і реконфігурація популяції. Перехід до кроку 5.

Аналіз базового алгоритму показує, що він має недоліки, а саме:

1. Суттєвий обсяг обчислювальних операцій за рахунок безупинної перевірки обмежень, перерахування значень $r_i^{\omega n}$ і переформування підмножин припустимих елементів для кожного комплекту.

2. Внаслідок послідовного формування комплектів кожний наступний комплект має менші шанси для мінімізації функції мети (1).

Зменшити обсяг обчислень можна, якщо скоротити до мінімуму розмір популяції. У даній роботі пропонується використовувати популяції малих розмірів ($5 \leq M \leq 15$), тобто розмір популяції може дорівнювати кількості необхідних компонувань, або бути незначно більшим.

Окрім того, можна за рахунок переміщення окремих елементів з одного комплекту до іншого значно збільшити можливість покращення рішень одразу в декількох особинах (комплектах).

Крок 4. Обчислення ФМ інтегрально для всіх членів популяції за виразом (1).

Крок 5. Впорядкування популяції за збільшенням ФМ.

Крок 6. Якщо виконується умова зупинки, то кінець, інакше перехід до кроку 7.

Умовою зупинки є $p^0 - p_{dN} \leq p_t$, де p_t – граничне значення відхилення маси «найгіршого» комплексу від номіналу, або виконання заданого числа ітерацій.

Крок 7. Для всіх особин популяції здійснюємо заміну елементів із розряду малих. При заміні елемента керуємося наступним правилом: якщо підмножина сумісності для даного комплексу не є порожньою, то обираємо вільний елемент із даної підмножини. Інакше робимо обмін елементами з випадково обраною особоною. При здійсненні даної операції перевіряємо і перераховуємо обмеження (2), (3).

Крок 8. Обчислення ФМ для всієї популяції. Перехід до кроку 5.

Таким чином, оператор мутації (випадкової заміни елементів) є єдиним і головним чинником оновлення особин у популяції, а оновлення особин виконується квазіпаралельно. Очевидно, це прискорює роботу алгоритму і забезпечує знайдення квазіоптимальних рішень для усіх особин (комплектів)

Для практичної перевірки ефективності запропонованого алгоритму за його допомогою була вирішена задача формування комплектів завантажень шихти під розплав арсеніду галію. Завантаження під розплав формується з деякої частини кристалічного напівфабрикату і фрагментів від злитків попередніх плавок (зворотного матеріалу) таким чином, щоб їхня загальна маса дорівнювала заданій масі комплексу завантаження, а середній питомий електричний опір був не менше верхнього припустимого значення питомого опору, що відповідає технічним умовам на дану марку напівпровідника.

Словесний опис задачі містить наступну сукупність умов і припущень:

1. Екземпляри зворотного матеріалу (далі – елементи) можуть мати довільну масу і довільний середній питомий електроопір (у деяких обмежених діапазонах).

2. Маса елементів у процесі компонування не змінюється.

3. Кожен комплект повинен містити полікристалічний арсенід галію у кількості не менше заданої. Різниця між фактичною масою полікристалічного матеріалу (сировини) і заданою масою, яка повинна бути в завантаженні, зветься наднормативною масою. Цей показник і слугує у даній задачі критерієм оптимальності та підлягає мінімізації.

4. Оптимальним розв'язанням задачі компонування вважається такий комплект елементів і сировини, загальна маса яких відповідає заданій у виробничому завданні. Середній питомий електроопір комплексу не перевищує заданого значення і на заданій множині припустимих елементів містить міні-

мальну наднормативну масу сировини. Припустимість конкретного елемента для даного комплексу визначається його власними фізичними характеристиками і характеристиками марки продукції, для якої компонується комплект шихти. Для оцінки припустимості використовується матриця застосовності елементів $A = \{a_{ij}\}$.

У роботі [8] для вирішення задачі використовується алгоритм, що базується на методі випадкового пошуку. Вихідними даними для задачі є множина завдань на компонування $\Omega = \{\omega_n : n = \overline{1, N}\}$. Кожне завдання ω_n характеризується трійкою $\langle i^n, \rho_{\max}^n, m_3^n \rangle$, де i^n – індекс марки продукту; ρ_{\max}^n – величина питомого електроопору, що з розрахунку повинний бути на верхньому торці вирощеного злитка; m_3^n – маса комплексу завантаження; множина наявних елементів оборотного матеріалу $O = \{o_k : k = \overline{1, K}\}$. Кожен елемент o_k характеризується трійкою $\langle j^k, \rho_{cp}^k, m_o^k \rangle$, де j^k – індекс марки монокристала, при вирощуванні якого він був отриманий; ρ_{cp}^k – середній питомий електроопір елемента; m_o^k – маса елемента; матриця застосовності елементів $A = \{a_{ij}\}$; нормативна кількість сировини в комплекті (у % від маси комплексу) $m_{pol}^{\%}$; NI – максимальна кількість ітерацій для пошуку найкращого варіанта комплектації.

Для тестування роботи запропонованого алгоритму і визначення раціональних значень його параметрів був розроблений алгоритм – генератор тестової множини елементів.

Вхідними даними для роботи генератора є:

– кількість (I) і границі діапазонів значень мас елементів, тобто $DM_i = [m_i^H, m_i^B], i = 1, 2, \dots, I$;

– кількість марок арсеніду галію J у множині елементів, що генеруються, обумовлених у даному випадку заданими значеннями $\rho_j^0, j = 1, 2, \dots, J \in \sigma$;

– кількість (N_j) елементів кожної марки для кожного діапазону значень мас; параметр m , використовуваний при визначенні значень елементів матриці застосовності елементів $A = \{a_{ij}\}$.

Для кожного діапазону мас $DM_i = [m_i^H, m_i^B], i = 1, 2, \dots, I$ генератор генерує для кожної заданої марки $j = 1, 2, \dots, J$ N_j елементів, маси і електроопір, які визначаються за допомогою генератора рівномірно розподілених випадкових величин на заданому інтервалі.

У такий спосіб на виході маємо множину елементів оборотного матеріалу $O = \{o_k : k = \overline{1, I \cdot J \cdot NJ}\}$ і матрицю застосовності $A = \{a_{ij}\}$.

На підставі розробленого алгоритму була створена програма, яка дозволяє:

- вводити задані маси комплектів і їх кількість;
- вводити марку кожного комплексу;
- зберігати в таблицях номери, марки і маси

елементів зворотного матеріалу;

- змінювати параметри процесу компонування;
- виводити результати процесу компонування у вигляді таблиць і графіків.

На рис. 1 показані графіки зміни значення критерію оптимальності при застосуванні алгоритму випадкового пошуку і запропонованого евристичного алгоритму.

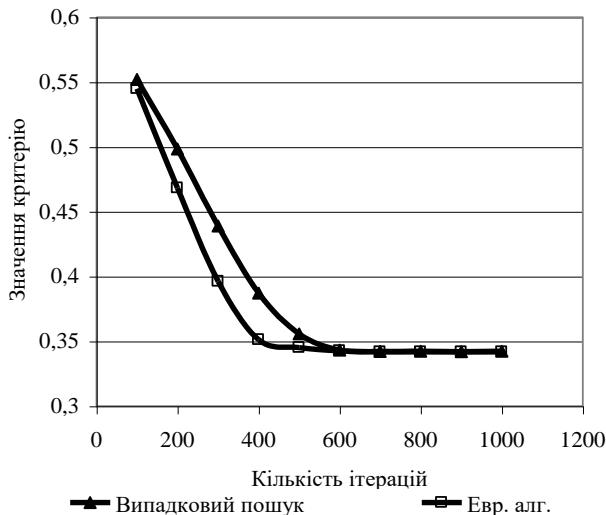


Рисунок 1 – Графіки зміни значення критерію оптимальності при застосуванні алгоритму випадкового пошуку і запропонованого евристичного алгоритму

Наднормативна маса сировини є критерієм оптимальності. Видно, що запропонований евристичний алгоритм перевершує за швидкістю досягнення оптимуму алгоритм випадкового пошуку. Це стає можливим за рахунок більш ефективного добору кращих рішень при істотній економії обчислювальних операцій.

На рис. 2 показана залежність значення сумарних надлишків сировини від заданої кількості завантажень при постійному числі наявних у розпорядженні технолога кусків зворотного матеріалу.

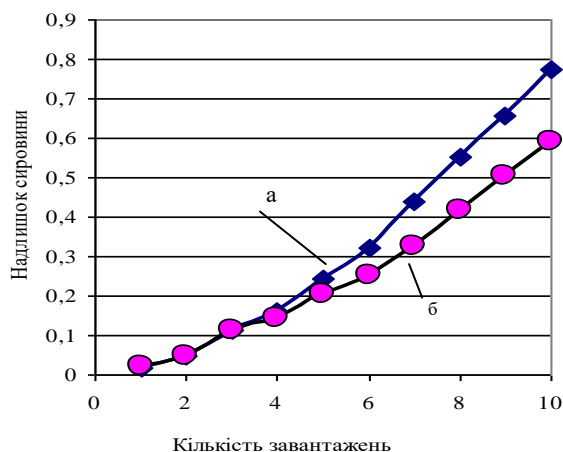


Рисунок 2 – Залежність значення сумарних надлишків полікристалічного матеріалу від заданої кількості завантажень при постійному числі наявних у розпорядженні технолога кусків зворотного матеріалу: а – алгоритм послідовної дії; б – запропонований алгоритм

Таким чином, розроблений евристичний алгоритм компонування множини комплектів має переваги за швидкістю перед алгоритмом випадкового пошуку і еволюційним алгоритмом послідовної дії.

ВИСНОВКИ. Задачі множинних компонувань становлять значний інтерес для виробництва. Від якості отриманого рішення залежить ефективність використання ресурсів, продуктивність використання обладнання, час проектування і продуктивність праці.

Застосування точних математичних методів для вирішення даної задачі невиправдано через суттєві витрати обчислювального часу. Тому для неї й інших більш складних задач розробляються численні евристичні і наближені методи. В їхньому числі широкое застосування одержали еволюційні і генетичні алгоритми.

Розроблена математична модель задачі множинного компонування комплектів, властивості яких нелінійно залежать від властивостей компонентів.

Розроблено евристичний алгоритм компонування. Алгоритм використовує еволюційний принцип добору кращих рішень й оператори схрещування і мутації. З метою скорочення числа обчислювальних операцій розмір популяції обирається невеликим.

Розроблено програму, яка реалізує запропонований алгоритм для вирішення практичної задачі.

Практичні випробування показали перевагу запропонованого алгоритму над алгоритмом випадкового пошуку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ / Пер. с англ. – М.: МЦНМО, 2002. – 960 с.
2. Sipser M. Introduction to the Theory of Computation. – Boston, Mass.: Thomson Course Technology, 2006. – PP. 320–328.
3. Hoos Н.Н., Stutzle Т. Stochastic local search: foundations and applications. – San Francisco: Morgan Kaufmann Publ., 2005. – 658 p.
4. Жигляевский А.А. Математическая теория глобального случайного поиска. – М.: Издательство ЛГУ, 1985. – 312 с.
5. Васильев В.Ф. Методы оптимизации. – М.: Издательство «Факториал-Пресс», 2002. – 824 с.
6. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы и их применение. – Таганрог: ТРТУ, 2002. – 242 с.
7. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия, 2006. – 193 с.
8. Петренко В.Р., Шевченко И.В. Алгоритмизация решения задачи оптимальной компоновки загрузок в производстве Cz-Si монокристаллов // Научный вестник Кременчугского университета экономики, информационных технологий и управления: Нові технології. – 2008. – № 1 (19). – С. 173–177.

HEURISTIC SOLUTION OF THE PROBLEM OF MULTIPLE LAYOUTS TAKING INTO ACCOUNT THE LIMITATIONS

I. Shevchenko, V. Artamonov, V. Kraskevich, R. Tagiev

Kremenchuk Mykhaylo Ostrohradskiy National university

vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: silver055@mail.ru

The relevance of the work. The tasks of multiple layouts are very interesting for production. The efficiency of use of the resources, equipment, the design time and productivity depends on the quality of the solution. **Purpose** is the development of mathematical model, algorithms and software for solving the problem of layout of the objects with different physical parameters such as size, weight, electrical resistance, etc. **Results and originality.** It was developed the heuristic algorithm for generating a set of packages, nonlinear properties of which depend on the properties of the separated components. The statement of the multiple layouts problem was formalized. The algorithm uses the evolutionary principle of selecting the best solutions and crossing and mutation operators. In order to reduce the number of computational operations the population size should be small. The new result is a preliminary separation of subsets of the elements that satisfy the conditions for the compatibility of each set and the division of the original set into several subsets with the growing importance of the determining physical parameter. The mutation operator is considered as the replacement or addition of an element that does not belong to another individual at the moment. Crossing operator is a bilateral exchange of the elements between sets. **The practical value.** It was developed the software, which implements the proposed algorithm to solve the practical problem of formation of the downloads of the circulating material in the production of semiconductor single crystals. It is shown the diagrams that illustrate the change of the optimality criterion in the application of the random search algorithm and the proposed heuristic algorithm. The proposed algorithm had allowed to solve the problem of the formation of a batch downloading for gallium arsenide melt. It is shown the diagram of the dependence of the total value of raw materials surplus from a given amount of downloads at a constant number of the available pieces of the circulating material. Practical experiments have shown the advantage of the proposed algorithm over the random search algorithm. References 8, figures 2.

Key words: the formation of sets, population algorithm, mutation, crossing, software implementation, solution of the practical problems.

REFERENCES

1. Kormen, T., Leyserson, Ch., Rivest, R. (2002), *Algoritmy: postroenie i analiz* [Algorithms: The Design and Analysis], MTsNMO, Mosow, Russia.
2. Sipser, M. (2006), "Introduction to the Theory of Computation", *Thomson Course Technology*, pp. 320–328.
3. Hoos, H.H., Stutzle, T. (2005), *Stochastic local search: foundations and applications*, Morgan Kaufmann Publ., San Francisco, USA.
4. Zhiglyavskiy, A.A. (1985), *Matematicheskaya teoriya globalnogo sluchaynogo poiska* [The mathematical theory of global random search], LGU Publishing, Moscow, Russia.
5. Vasilev, V.F. (2002), *Metody optimizatsii* [Optimization methods], "Factorial-Press" Publishing, Moscow, Russia.
6. Kureichik, V.M. (2002), *Geneticheskie algoritmy i ih primeneniye* [Genetic algorithms and their application], TRTU, Taganrog, Russia.
7. Rutkovskaya, D., Pilinskiy, M., Rutkovskiy, L. (2006), *Neyronnyie seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy* [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems], Goryachaya liniya, Moscow, Russia.
8. Petrenko, V.R., Shevchenko, I.V. (2008), "Algorithmic solution of the problem of optimal arrangement of downloads in the production of single crystals Cz-Si", *Naukoviy visnik Kremenchutskogo universitetu ekonomiki, informatsiynih tehnologiy i upravlinnya: Novi tehnologiy*, no. 1 (19), pp. 173–177.

Стаття надійшла 15.01.2016.