

Анализ полученных результатов, представленный на рис. 7, показывает, что увеличение интенсивности частоты не является случайным (погрешностью измерения, случайной погрешностью, выбросом) и несёт явно структурный характер – свидетельствующий о наличии полости в объекте под точками замеров 2-4. Так как увеличение интенсивности частоты является относительно плавным, то также можно сказать, что под точками замеров 1 и 5 находится разуплотнение, что может привести к его дальнейшему росту и разрушению объекта.

**2. Выводы.** На основе обработки экспериментальной информации, снятой с помощью метода резонансно-акустического профилирования, было показано, что метод позволяет выявить и локализовать по площади: полости в твердотельных объектах, разуплотнения, трещины. Таким образом метод резонансного акустического профилирования можно эффективно применять для мониторинга состояния объектов.

1. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
2. Рапопорт М.Б. Вычислительная техника в полевой геофизике: Учебник для вузов. - М.: Недра, 1993. - 350 с.
3. Сергиенко Ф.Б. Цифровая обработка сигналов. – С.-П.: Питер, 1993. - 303 с.

*Поступила 24.02.2011р.*

УДК 517.977.57:621.923.02

А.О. Перпері, ОДАБА, Одеса, Л.А.Одукалець, ІГНС,  
Д.А. Монова, П.С. Швець, ОНПУ, Одеса

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОГО МЕТОДУ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

The method of the incorporated optimization problems decision by means of complex genetic algorithm according to which the genotype of the objects entering into a complex, shares on individual and complex genes is offered, and the last in the course of optimization change equally for all objects of a complex.

Сучасне виробництво найчастіше складається з об'єднаних технологічних процесів (ОТП), які, по суті, є комплексними операціями обробки, зв'язаними єдиною метою, часом їх виконання, загальним приводом, інструментом, тощо [1].

Так, останнім часом у машинобудуванні з'явилися технологічні рішення, у яких обробка заготовки декількома інструментами здійснюється за один

прохід, при цьому всі інструменти закріплюються на єдиній штанзі або валу [2]. Такі інструменти працюють *одночасно*, наприклад, на сусідніх зубах шестірні або сусідніх канавках ходових гвинтів [3, 4].

В останньому випадку з'являється складновиконувані обмеження на режим обробки: він повинен бути оптимальним (або близьким до оптимального) для *всіх інструментів*, що входять у єдину комплексну обробну групу і зв'язані єдиною основою.

Природно, такі обмеження породжують істотні складності при спробі застосувати той або інший метод оптимізації. Робота присвячена створенню комплексного генетичного алгоритму (КГА), призначеного для спільної оптимізації ОТП різьбошліфування.

Відомо, що в класичному генетичному алгоритмі (ГА) об'єкт представляється набором ознак – фенотипом, який фактично визначає, чим є об'єкт у реальному світі, і генотипом, який містить всю інформацію про об'єкт на рівні хромосомного набору.

При цьому кожній ознаці об'єкта у фенотипі відповідає один ген у генотипі і, навпаки, кожний ген, тобто елемент інформації генотипу, має свій відбиток у фенотипі (рис. 1). Для розв'язання завдань оптимізації в ГА кожен ознаку об'єкта, тобто елемент його фенотипу, представляють у вигляді елемента його генотипу. Усе подальше функціонування алгоритму проводиться на рівні генотипу, що дозволяє обійтися без інформації про внутрішню структуру об'єкта [5].

Таким чином, індивідом в ГА називається набір ознак об'єкта, який відповідає окремій хромосомі, що складається з генів [6].

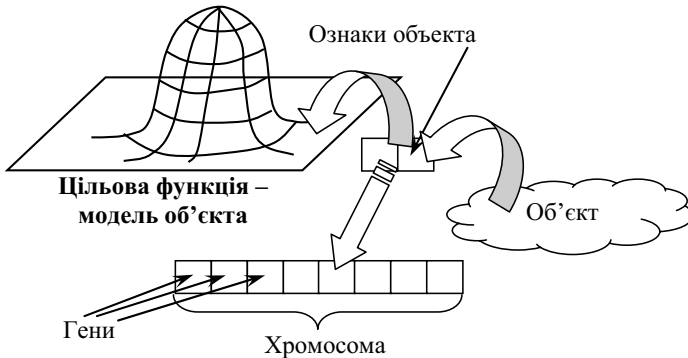


Рис. 1. Схема до перетворення фенотипу об'єкта в його генотип у ГА

У КГА будується модель комплексу – декількох однорідних об'єктів, що мають загальні комплексні ознаки. У кожному елементі комплексу хромосоми елементів об'єднані в комплексні хромосоми (рис. 2). Набір комплексних генів у межах однієї комплексної хромосоми (індивіду в КГА) однаковий, набір індивідуальних – різний.

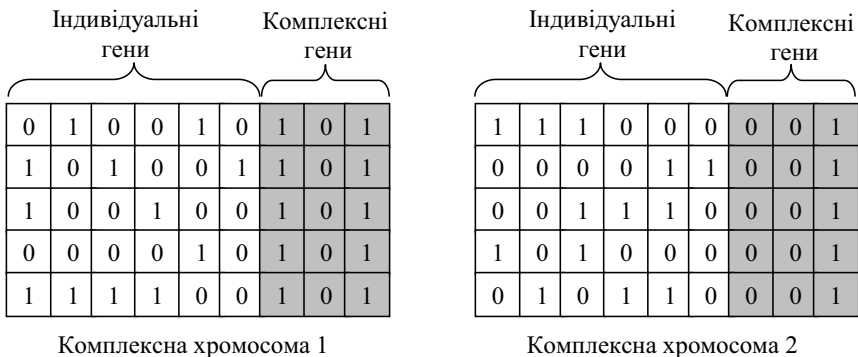


Рис. 2. Формування комплексних хромосом (індивідів) у КГА

Звідси, індивід в КГА – це набір хромосом, що мають однакові комплексні гени.

**Початкові перетворення в КГА.** У різновиді ГА, що найбільше часто зустрічається, ген являє собою бітовий рядок фіксованої довжини, який є значенням відповідної ознаки. Конкатенація генів утворює хромосому, що повністю описує генотип об'єкта.

Завдання кодування-декодування значення генів, яким відповідають *цілочисельні* ознаки, тривіальна. При кодуванні ознак, яким відповідають *числа із плаваючою точкою*, застосовують наступну послідовність дій:

- розбивають весь інтервал припустимих значень ознаки на ділянки з необхідною точністю;
- обирають значення гена як ціле число, що визначає номер інтервалу;
- в якості значення параметра обирають число, що є серединою цього інтервалу.

При кодуванні *нечислових даних* їх попередньо перетворюють у числа.

У КГА перелічені перетворення здійснюються окремо для кожного елемента комплексу (рис. 3). При цьому ознаки об'єкта заздалегідь групуються таким чином, щоб значення комплексних ознак у всіх об'єктів, що входять у комплекс, збіглися.

Потім у хромосомах усіх елементів виділяють індивідуальні гени, властиві ознакам тільки свого елемента, та комплексні гени, які відповідають загальним ознакам.

**Основні оператори КГА.** Новим, у порівнянні з ГА, є оператор *об'єднання*, за допомогою якого хромосоми окремих елементів «зшиваються» у комплексну хромосому об'єкта.

У ГА за передачу нащадкам ознак батьків відповідає оператор, який називається *схрещуванням*. Діє він таким чином:

- з популяції вибираються два індивіди, які призначаються батьками;
- визначається (наприклад, випадковим образом) точка розриву;
- нащадок визначається як конкатенація частини першого та другого батька.

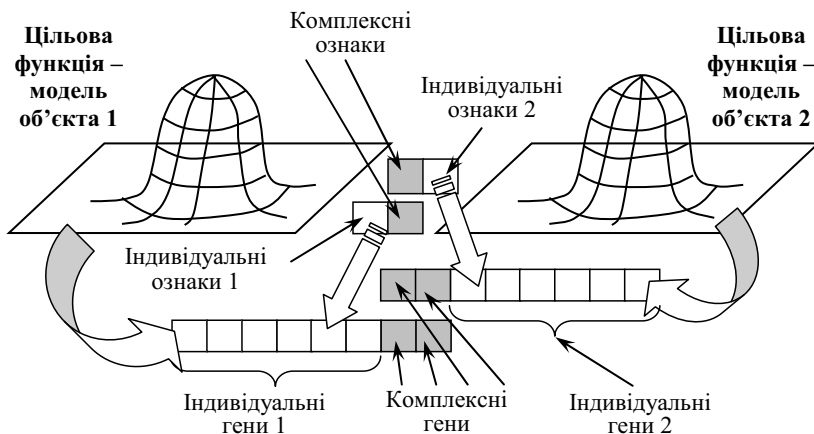


Рис. 3. Схема до перетворення фенотипів комплексного об'єкта у комплексний генотип

У КГА схрещування проводиться на рівні комплексних індивідів. При цьому воно здійснюється у два прийоми. Спочатку схрещування зазнають комплексні гени. Потім попарно схрещуються індивідуальні гени. Оператор схрещування може бути багатоточечним, коли формується кілька точок розриву.

Наступний генетичний оператор *мутації* призначений для того, щоб підтримувати різноманітність індивідів у популяції. При використанні даного оператора кожний біт у хромосомі з певною ймовірністю інвертується. У КГА такої інверсії зазнають і індивідуальні, і комплексні гени. Різниця, як і в попередніх операторах, полягає в тому, що при інверсії комплексних генів їх рівність у межах групи зберігається.

Крім того, у КГА використовується ще й так званий оператор *інверсії*, який полягає в тому, що індивідуальна частина елементарної хромосоми ділиться на дві частини, і потім вони міняються місцями.

#### Схема функціонування КГА.

1. Ініціювати початковий момент часу  $t = 0$ . Випадковим образом сформувані початкову популяцію, що складається з  $k$  комплексних індивідів:  $B_0 = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$ .

2. Обчислити пристосованість (цільову функцію) кожного комплексного індивіду  $F_{ai} = \text{fit}(A_i)$ ,  $i=1 \dots k$  і популяції в цілому  $F_t = \text{fit}(B_t)$ . Пристосованість комплексного індивіду дорівнює середньому арифметичному від значень пристосованостей елементарних індивідів, що входять у комплекс. Значення цієї функції визначає, наскільки добре підходить індивід, описаний даною хромосомою, для розв'язання завдання.

3. Вибрати індивід  $A_c$  з популяції.  $A_c = \text{Get}(B_t)$

4. З певною ймовірністю (ймовірністю схрещування  $P_c$ ) вибрати другого індивіда з популяції  $A_{c1} = \text{Get}(B_t)$  і виконати оператор схрещування  $A_c = \text{Crossing}(A_c, A_{c1})$ .

5. З певною ймовірністю (ймовірністю мутації  $P_m$ ) виконати оператор мутації  $A_c = \text{mutation}(A_c)$ .

6. З певною ймовірністю (ймовірністю інверсії  $P_i$ ) виконати оператор інверсії  $A_c = \text{inversion}(A_c)$ .

7. Помістити хромосому в нову популяцію  $\text{insert}(B_{t+1}, A_c)$ .

8. Виконати операції, починаючи з пункту 3,  $k$  раз.

9. Збільшити номер поточної епохи  $t=t+1$ .

10. Якщо виконалася умова останову, то завершити роботу, інакше перейти на крок 2.

Найбільшу роль в успішнім функціонуванні алгоритму відіграє етап відбору комплексних хромосом на кроках 3 та 4. У роботі використовували метод відбору, називаний рулеткою.

При цьому ймовірність вибору хромосоми визначається її пристосованістю, тобто  $P_{\text{get}}(A_i) \sim \text{Fit}(A_i)/\text{Fit}(B_t)$ . Використання методу призводить до того, що ймовірність передачі ознак більш пристосованими батьками нащадкам зростає.

Інший використовуваний метод – турнірний добір. Він полягає в тому, що випадково вибирається кілька індивідів з популяції і переможцем вибирається індивід з найбільшою пристосованістю. Крім того, застосовували стратегію елітизму, яка полягає в тому, що індивіди з найбільшою пристосованістю гарантовано переходять у нову популяцію. Використання елітизму дозволяє прискорити збіжність КГА.

В якості критерію останову застосовували умову збіжності: порівнювали пристосованості популяції на декількох епохах і здійснювали останов при стабілізації цього параметра.

Описаний підхід був реалізований практично при автоматизованому проектуванні багатониткових шліфувальних кіл. Застосування КГА при розрахунках конфігурації окремих елементів такого кола та узагальнених режимів шліфування дозволив підвищити стійкість інструмента на 27,3 % при збереженні вимог до точності і шорсткості оброблюваних деталей.

1. *Тонконогий В.М.* Автоматизация технологического процесса нанесения ионно-плазменных износостойких покрытий на режущий инструмент / Дисс. ... доктора техн. наук: 05.13.07. – Одеса: ОНПУ, 2004. – 310 с.

2. *Федорович В.А.* Способы шлифования с комбинированным управлением режущим рельефом // Вестник ХГПУ. – 1999. – Вып. 45. – С. 26 – 28.

3. *Братан С.М.* Моделирование взаимодействия режущих элементов с поверхностью заготовки при тонком шлифовании / *С.М. Братан, Д.А. Каинов, Ю.К. Новоселов* // Современные технологии в машиностроении. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – С. 23 – 28.

4. *Русавский Ю.П.* Технология производства шариковых передач винт – гайка качения / *Ю.П. Русавский, Н.В. Соболева, М.В. Шкапенюк.* – М.: Машиностроение, 1985. – 128 с.

5. Генетические алгоритмы – математический аппарат. – Электронный ресурс. – Режим доступа: [<http://articles.mql4.com/ru/133>].

6. *Ротштейн А.П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: Универсум-Винница, 1999. – 320 с.

*Поступила 31.03.2011р.*