

## РІШЕННЯ ЗАДАЧІ РОЗПОДІЛУ РОБІТ НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

к.т.н. О.С. Турковський, С.І. Сімонов, О.В. Сісков  
(подав д.т.н., проф. О.В. Полярус)

*У статті розглядається постановка задачі про розподіл робіт між виконавцями за критерієм рівності витрат і ефективність її рішення за допомогою модифікованого класичного генетичного алгоритму з обмеженнями на область значення цільової функції.*

Останнім часом у якості одного з методів пошуку екстремальних значень цільових функцій (ЦФ) одержав поширення метод, в основу якого покладений класичний генетичний алгоритм (ГА) і його модифікації [1]. В даний час успіхи в цій області послужили причиною розробки програмних продуктів, таких як Gene Hunter, Neuro Shell компанії Ward System Group [2].

Властивість ГА знаходити глобальний екстремум (чи їх безліч) у багатопараметричних задачах дозволяє розглянути можливість використання ГА в задачах цілочислового програмування, зокрема, для рішення задач розподілу  $M$  робіт  $Z$  видів між  $N$  виконавцями. Нехай кожна робота  $i$ -го виду характеризується витратами ресурсів  $T_i$  на її виконання, величина яких не залежить від властивостей виконавця. Кожен  $j$  виконавець повинен виконати деяку кількість  $X_{ij}$  робіт  $i$ -го виду,  $i = 1..Z$ . Необхідно визначити: скільки робіт  $i$  якого виду потрібно виконати кожному виконавцю при заданій кількості  $m_i$ ,  $i = 1..Z$  робіт з видів  $i$  витратах ресурсів  $T_i$  на їхнє виконання. При цьому

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} = m_i, \quad 0 \leq X_{ij} \leq m_i, \quad i = 1..Z, \quad M = \sum_{i=1}^Z m_i. \quad (1)$$

Середні витрати ресурсів виконавця при виконанні  $M$  робіт будуть характеризуватися величиною

$$T_{\text{сеп}} = \left( \sum_{i=1}^Z m_i \cdot T_i \right) / N. \quad (2)$$

При введенні штрафу  $C$  за відхилення витрат ресурсів  $f_j$  на виконання плану робіт  $j$  - го виконавця від середніх витрат  $T_{\text{сеп}}$  ресурсів можна одержати ЦФ:

$$\Phi = \sum_{j=1}^N |f_j - T_{\text{сеп}}| \cdot C, \quad f_j = \sum_{i=1}^Z X_{ij} \cdot T_i. \quad (3)$$

У цьому випадку оптимальне рішення буде досягатися при мінімумі ЦФ і виконанні обмежень (1). У такій постановці задачі отримані плани розподі-

лу робіт виконавців при рішенні задачі забезпечують виконання критерію рівності загальних витрат ресурсів кожного виконавця. У той же час число робіт з видів у плані кожного виконавця буде різним. При заміні критерію рівності загальних витрат рівністю витрат по видах робіт ЦФ буде мати вигляд

$$\Phi = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^Z \left| f_{ij}' - T_{\text{сер } i}' \right| \cdot C_i', \quad (4)$$

де  $C_i'$  – штраф за недовантаження чи перевантаження виконавця роботами виду  $i$ ;  $T_{\text{сер } i}' = \frac{m_i \cdot T_i}{N}$  – середні витрати ресурсів виконавця на виконання робіт виду  $i$ ;  $f_{ij}' = X_{ij} \cdot T_i$  – витрати ресурсів на виконання роботи виду  $i$  виконавцем  $j$ .

У тому випадку, якщо кожна робота  $j$ -го виду може бути розділена на  $K_j$  ( $i = 1..Z$ ) незалежних операцій, причому одна чи кілька операцій  $r$ -го типу може виконуватися будь-яким виконавцем. При критерії рівності витрат ресурсів на виконання операцій  $r$ -го типу ЦФ (4) може бути виражена як

$$\Phi = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^Z \sum_{r=1}^{K_j} \left| f_{ijr}'' - T_{\text{сер } ir}'' \right| \cdot C_{ir}'', \quad (5)$$

де  $f_{ijr}'' = X_{ijr}'' \cdot T_{ir}''$  – витрати  $j$ -го виконавця на виконання  $r$ -ї операції роботи  $i$ -го виду;  $T_{\text{сер } ir}'' = \left( m_{ir}'' \cdot T_{ir}'' \right) / N$  – середні витрати на виконання  $r$ -ї операції роботи  $i$ -го виду;  $X_{ijr}''$  – кількість операцій  $r$ -го типу робіт  $i$ -го виду, виконуваних  $j$ -м виконавцем;  $C_{ir}''$  – штраф за недовантаження чи перевантаження виконавця операціями  $r$ -го типу роботи  $i$ -го виду. При цьому обмеження (1), з урахуванням того, що виконавець не може виконувати більш ніж  $P_{jr}$  операцій по  $i$ -му виду робіт, можуть бути надані у наступному вигляді:

$$\sum_{j=1}^N X_{ijr}'' = m_{ir}'', \quad i = 1..Z, r = 1..K_i; \quad (6)$$

$$0 \leq X_{ijr}'' \leq P_{jr} \leq m_{ir}'', \quad j = 1..N.$$

При цій постановці задачі загальне число змінних, якщо число  $K_i$  типів операцій по кожному виду робіт однакове і дорівнює  $Q$ , буде визначатися як

$$D = N \cdot \sum_{i=1}^Z K_i = N \cdot Z \cdot Q. \quad (7)$$

Звідси випливає, що задача розподілу робіт відноситься до задач великої розмірності, вимагає значних обчислювальних ресурсів і з урахуванням виду обмежень може мати деяку безліч квазіоптимальних планів розподілів робіт.

Для рішення задачі в такій постановці представляється можливим застосування модифікованого класичного ГА з обмеженнями на область визначення ЦФ. У цьому випадку пошук планів розподілу виробляється таким способом: з урахуванням обмежень (6) формується вихідна популяція осіб (безліч точок  $\mathbf{D}$  - мірного простору), оцінюються значення ЦФ відповідних осіб, оцінюється ступінь зміни ЦФ із метою визначення точки зупинки алгоритму і, при відсутності умов зупинки, формуються наступні популяції. Їхнє формування виробляється шляхом добору найбільш перспективних за значенням ЦФ осіб (у термінах ГА - відбувається створення подружнього фонду), формування осіб з урахуванням обмежень (6) з використанням процедури мутації, а також на основі операторів схрещування і редукції формується нова популяція з урахуванням вихідного розміру й обмежень (6). Формування популяцій виробляється до настання умов зупинки.

Проведені дослідження рішення задачі розподілу завдань різних видів між обслуговуючими пристроями показали високу ефективність використання класичного ГА з обмеженнями на діапазон зміни аргументів ЦФ. При цьому задача розподілу завдань між обслуговуючими пристроями розглядалася в наступній постановці: потрібно розподілити між  $\mathbf{N}$  - обслуговуючими пристроями завдання  $\mathbf{Z}$  видів.

Для виконання завдання  $i$ -го виду необхідно виконати  $\mathbf{m}_{i1}$  операцій першого типу,  $\mathbf{m}_{i2}$  операцій другого типу і  $\mathbf{m}_{i3}$  операцій третього типу, виконуваних разом з іншим виконавцем. Витрати часу на проведення операцій завдання  $i$ -го виду наступні:  $\mathbf{T}_{i1}$  - на проведення операцій першого типу,  $\mathbf{T}_{i2}$  - на проведення операцій другого типу,  $\mathbf{T}_{i3}$  - на проведення спільних операцій третього типу.

При рівності витрат часу на виконання завдання обслуговуючими пристроями, з урахуванням виразів (4,5) ЦФ буде мати вигляд

$$\Phi = \sum_{j=1}^{\mathbf{N}} \sum_{i=1}^{\mathbf{Z}} \sum_{r=1}^3 \left| X_{ijr}'' \cdot \mathbf{T}_{ir} - \mathbf{T}_{серi} \right| \cdot \mathbf{C}_{ir}, \quad (8)$$

а пошук рішення будемо проводити при наступних обмеженнях:

$$\begin{aligned} 0 \leq X_{ij1} \leq h_{i1} ; 0 \leq X_{ij2} \leq h_{i2} ; 0 \leq X_{ij3} \leq h_{i3} ; \\ 0 \leq h_{ir} \leq m_{ir} ; \sum_{j=1}^{\mathbf{N}} X_{ijr} = m_{ir}, \quad i = 1..Z, r = 1..3. \end{aligned} \quad (9)$$

Рішення цієї задачі дозволило визначити деякі залежності: залежність числа квазіоптимальних планів розподілу  $\mathbf{V}_k$  від числа завдань  $\mathbf{V}_z$  і числа обслуговуючих пристроїв (рис.1), залежність кількості популяцій  $\mathbf{V}_p$ , формованих програмою до виконання умов зупинки роботи ГА (рис. 2). Умовою зупинки ГА при одержанні другої залежності служив факт перебування першого плану розподілу відповідного нульовому значенню ЦФ. Умовою зупинки при одержанні першої залежності був факт формування програмою 7000 популяцій. При проведенні досліджень часи виконання операцій першого і дру-

гого типу приймалися рівними трьох- і двохкратній величині часу виконання операцій третього типу відповідно.

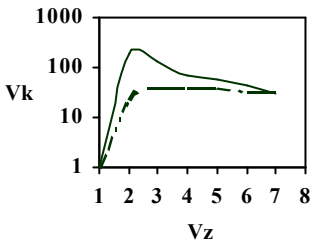


Рис. 1. Кількість квазіоптимальних планів

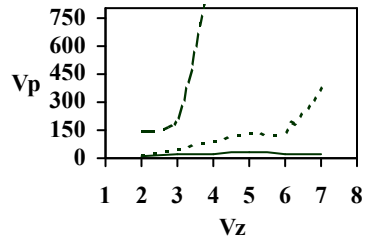


Рис. 2. Кількість сформованих популяцій

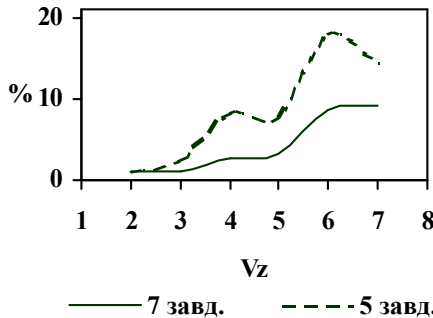


Рис. 3. Кількість неприпустимих планів

Аналіз залежностей (рис. 1) дозволяє зробити висновок про наявність такого співвідношення чисельності завдань і кількості обслуговуючих пристроїв, при якому число варіантів розподілу завдань є максимальним. Зменшення числа варіантів вимагає додаткових критеріїв.

Залежності (рис. 2) свідчать про параболічний характер росту обчислювальних витрат у залежності від розмірності розв'язуваної задачі й характеру росту обчислювальних витрат для досягнення результатів.

Аналіз отриманих результатів (планів розподілу) показав, що в отриманій безлічі квазіоптимальних планів мається деяка підмножина планів, в котрій ряд обслуговуючих пристроїв виконує операції третього типу разом з операціями другого типу одного завдання, що є неприпустимим. Формування таких планів обумовлене тим, що обмеження (9) допускають подібні ситуації. На рис. 3 показаний відсоток числа таких планів щодо загального числа планів квазіоптимальних розподілів завдань. Із залежностей (рис. 3) видно, що відсоток таких планів збільшується з ростом розмірності задачі. Уникнути

формування некоректних планів можна шляхом введення обмежень наступного вигляду

$$X_{ij3} \leq m_{i2} - X_{ij2} . \quad (10)$$

Особливості обмежень (9) у задачі розподілу дозволяють враховувати апіорний розподіл операцій завдань за обслуговуючими пристроями. При апіорному розподілі ряд обмежень (9) будуть мати вигляд рівностей

$$X_{ijr} = \text{const} . \quad (11)$$

Тоді розглянута задача трансформується в задачу довантаження обслуговуючих пристроїв операціями нерозподілених завдань.

Результати рішення задач розподілу робіт при рівності витрат ресурсів обслуговуючих пристроїв можуть бути використані і з метою адаптивного управління інформаційними потоками на передавальних вузлах. Адаптивне управління буде виражатися в перерозподілі між каналами зв'язку деякого числа інформаційних пакетів, що надійшли на передавальну станцію на цей момент часу, за критерієм рівності тимчасових витрат на доставку пакетів адресатам.

Пріоритет каналів може установлюватися величиною штрафу за перевантаження чи недовантаження каналу. При директивно заданому часі на передачу груп пакетів у виразах (3, 4, 5) середні витрати ресурсів замінюються на значення директивного періоду передачі. При цьому пошук квазіоптимального рішення включає спочатку рішення задачі розподілу груп пакетів, що мають максимальний пріоритет (що вимагає найбільш термінові доставки) між каналами, а потім послідовне рішення задач довантаження каналів групами пакетів з більш низькими рівнями пріоритетів.

У цілому, отримані результати досліджень показали можливість ефективного рішення багатопараметричної цілочислової задачі розподілу робіт між виконавцями на основі модифікованого класичного ГА з обмеженнями на область визначення ЦФ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Корнеев В.В., Гареев А.Ф., Васютин С.В., Райх В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Нолидж, 2000. – 352 с.
2. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: учебный курс. – СПб: Питер, 2001. – 368 с.

Надійшла 23.01.2002

**ТУРКОВСЬКИЙ Олександр Сергійович**, канд. техн. наук, доцент, заст. нач. каф. ХВУ. Область наукових інтересів – аналіз функціонування складних об'єктів та систем.

**СІМОНОВ Сергій Іванович**, ад'юнкт кафедри ХВУ. Область наукових інтересів – адаптивне управління складними системами.

**СІСКОВ Олександр Васильович**, ад'юнкт кафедри ХВУ. Область наукових інтересів – функціонування автоматизованих систем в умовах переїскою.