ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗКЛАДІВ УЧБОВИХ ЗАНЯТЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Бондаренко А.О., група АСУ-99вз
Керівник доц. каф. АСУ Секірін О.І.

Сучасні ВНЗи гостро мають потребу в створенні комп'ютеризованої системи, що дозволяє складати й оптимізувати плани та розклади занять, тому що якість підготовки фахівців у ВНЗах і особливо ефективність використання науково-педагогічного потенціалу залежать деякою мірою від рівня організації навчального процесу. Однієї з основних складових цього процесу є розклад занять. Розклад врівноважує трудовий ритм викладачів, тому його можна розглядати як фактор оптимізації використання обмежених трудових ресурсів викладацького складу. Оскільки інтереси учасників навчального процесу різноманітні, задача складання розкладу — багатокритеріальна. Багатокритеріальність цієї задачі і складність об'єкта, для якого будується математична модель, обумовлює необхідність серйозного математичного дослідження об'єкта для збільшення функціональних можливостей алгоритмів та складання оптимальних розкладів без значного ускладнення моделі.

Існують розроблені математичні методи рішення цієї проблеми найбільш сприятливими з них є перестановочний прийом, метод повного перебору, метод градієнтного спуску . Типова практична задача, як правило, мультимодальна і багатомірна, тобто містить багато параметрів. Виходячи з проведеного аналізу були зроблені висновки, що для таких задач не існує жодного універсального методу, що дозволяв би досить швидко знайти абсолютно точне рішення. На рис. 1 показано, що генетичний алгоритм є кращім рішенням задачі складання і оптимізації розкладів занять.

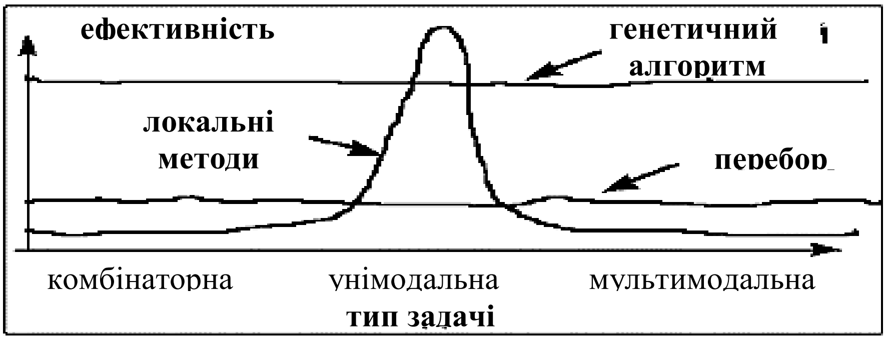

Рисунок 1 — Ефективність традиційних методів при рішенні типових задач оптимізації

Задачу складання і оптимізації розкладів занять можна представити у такому вигляді:

$$max\ f(x),\ де\ D = \{x = (x_1, x_2, :, x) \mid x_i\ на\ [a_i, b_i],\ i=1, 2,:N\},\ x\ з\ D,$$

де $f(x)$ — (цільова) скалярна багатопараметрична функція, що може бути не визначена поза припустимою областю, а усередині припустимої області мати трохи глобальних екстремумів; прямокутна область D — область пошуку; D — підмножина RN.

Під рішенням задачі будемо розуміти вектор $x=(x_1, x_2,\dots,x_N)$... Оптимальним рішенням задачі будемо вважати вектор x^*, при якому цільова функція $f(x)$ приймає максимальне значення. Виходячи з припущення про можливий багатоекстремальності $f(x)$, оптимальне рішення може бути не єдиним.

Вхідними даними для ГА є сформована початкова популяція, а також початкові умови й алгоритмічні параметри, перераховані на початку даного розділу [3]. На кожнім поколінні ГА реалізується кілька типових процесів:

1. Природний добір: відсівання гірших менш пристосованих особин;
2. Вибір батьківської пари для наступного схрещування
3. Схрещування;
4. Внесення мінливості: мутація й інверсія;
5. Формування нового покоління.

Для кодування був обраний матричний спосіб представлення хромосоми, де в просторово-часових координатах кодується визначена безліч робочих елементів із плану навантаження викладачів. Розмірність такої прямокутної матриці складає $N \times 98$, де N — загальна кількість аудиторій, призначених для проведення передбачених планом занять, а 98 — кількість пар у двотижневому графіку (по 7 пару в день). Тут у вільних осередках записуються зв'язування з заздалегідь підготовленого набору, що представляють собою вид навчального заняття даного викладача по даній дисципліні в даної групи (підгрупи, потоку) студентів. Останні елементи формуються, як і інші, із плану навантаження, однак, з урахуванням суб'єктивних переваг (наприклад, об'єднання курсів), або специфіки ВНЗу (наприклад, недостатня місткість аудиторій) можуть групуватися в ручному режимі на розсуд навчального відділу.

Розглянута задача оптимізації є багатопараметричною, де параметри, що визначають розклад, є ключовими елементами при формуванні цільової функції. Загальне поліноміальне представлення цільової функції що оптимізується виглядає в такий спосіб

$$F=\{S, З, O, P, T\},$$

де має місце наступний генотип:

S — адитивна величина, що характеризує переходи між процесами;

З — міра безперервності розкладу;

О — міра рівномірності й упорядкованості розкладу;

Р — величина задоволення просторових переваг;

Т —величина задоволення тимчасових переваг;

Цільова функція (ЦФ) являє собою класичну суму квадратів різниць з урахуванням точності кодування, що передбачається спрямувати до мінімуму, досягаючи, таким чином, якісного рішення відповідно до навчального навантаження і переваг виконавців.

$$F^* = \sum_N K_E \left(\frac{par_{зад.} - par_{рез.}}{par_{зад.}} \right)^2 \rightarrow \min,$$

де $par_{зад.}$ — задана величина, що визначає оптимум;

$par_{рез.}$ — виділені параметри з чергового рішення ГА;

K_E — коефіцієнт, що визначається точністю генетичного кодування параметра, визначається, як величина, назад пропорційна кількості розрядів, що кодуються

N — кількість використовуваних параметрів.

Для оптимізації функції застосовували метод турнірного добору з високою розмірністю турнірної групи (у даному випадку приймемо k=4).

Турнірний добір являє собою процес який припускає в підсумку формування набору $M(n)$ кращих особин, де n можна покласти парним $0,7N$. Така частина добре сполучається з методикою формування нового покоління, що, як буде показано далі, приводить до появи подвійної популяції. Спочатку випадковим образом виробляється вибір з популяції $P(N)$ k елементів у турнірний масив $T(k)$, а потім виборі кращої серед них у $M(n)$ за мінімальним значенням ЦФ.

Вибір пари для наступного схрещування виконується методом аутбридингу, який заснований на виборі в пари двох особин, що мають максимально різний генотип. Вибір пари, що найбільш розрізняється, можна зробити методом турнірного добору з k=4.

$$A = \sum_{N} K_E (par_X - par_Y)^2,$$

де $par_{x.}$ і par_y — параметри порівнюваних особин;

K_E — коефіцієнт, що визначається точністю генетичного кодування параметра;

N — кількість використовуваних якісних параметрів

Таким чином, спочатку випадковим образом вибирається перша особина X, а потім у турнірному порядку, також випадковим образом, береться k особин $Y1–Yk$, з яких відповідно формується масив $Bk(k)$ пара $XY1, XY2, \ldots, XYk$... Далі масив Bk сортується за значенням функції $A(x,y)$, з якого в масив B вибирається пара з максимальним значенням $A(x,y)$. Процедура повторюється $n/2–k$ раз, при цьому останні k елементів масиву M групуються довільно.

З метою забезпечення гнучкості операції використали випадкове чергування одиночний міжаудиторний і довільний розриви при кроссинговері хромосомної матриці (рис. 2).

	Понеділок							Вівторок			
Ауд	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Одиночний міждуаудиторний розрив											
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
…	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Предок 1

	Понеділок							Вівторок				
Ауд	1	2	3	4	5	6	7	1		2	3	4	…
1	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
3	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
4	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
5	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Одиночний довільний										2	2	2	2
6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
…	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Предок 2

	Понеділок							Вівторок				
Ауд	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	…
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
9	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
…	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Нащадок міжаудиторного розриву

	Понеділок							Вівторок				
Ауд	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	…
1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
4	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
…	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Нащадок довільного розриву

Рисунок 2 — Схематична демонстрація операторів кроссинговера

Отримані нащадки піддаються мутації з імовірністю $P_{МУТ.}$=0,005…0,01... дана операція також одно- чи двуточкова за аналогією з операцією кроссинговера і такими ж параметрами розподілу крапок у хромосомі.

Отримані в результаті розглянутих операцій нащадки містяться поряд зі своїми предками в безліч *G* розмірністю не більш ніж *2n*.

Розмірність групи *G* складає *2n=1,4N*, з чого випливає, що *0,4n* особин варто відсіяти як свідомо зайві, тому що нове покоління *P* повинне мати розмірність популяції *N*, прийняту на підготовчому етапі ГА і не підлягаючій подальшій зміні.

Таким чином, масив *G* у першу чергу перевіряється на функції придатності. Особини, що одержали відмовлення, виключаються з безлічі *G*. Якщо після цей масив *G* має розмірність більше, ніж *N*, запускається процедура елітного добору: масив *G* сортується за значенням ЦФ, з якого відбирається *N* перших хромосом і записуються в нове покоління *P*.

Згідно розробленого алгоритму було створено програму, проведений ряд експериментів. Пошук рішення при прийнятих початкових умовах займає часу близько 1,5 хв. (ЕОМ P-III, 750Mhz, 128Mb ОЗУ). Були визначені раціональні параметри генетичного алгоритму: при умовах даної задачі і форматі вхідних параметрів, нема рації використовувати популяцію розміром більше, ніж 250. Застосування більш, ніж 600 ітерацій ГА також не дає істотного збільшення збіжності рішення. Розбіжність отриманого розкладу з оптимальним не перевищує 12,5%, що доводить ефективність розробленого алгоритму.

Проведені експериментальні дослідження довели доцільність та ефективність запропонованого підходу — генетичні алгоритми для розв'язання багатопараметричної задачі складання та оптимізації розкладів занять.

Перелік посилань

1. Танаев В.С., Шкубра В.В. Введення в теорію розкладів. — Серія: Економіко-математична бібліотека. — М.: Наука 1975. — 256 с.

2. Holland J. H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1975.

3. Батищев Д. И. Генетичні алгоритми рішення екстремальних задач / Під ред. Львовича Я. Е.: Учбов. посібник. — Воронеж, 1995.