Кузьміна Н. М.
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Деякі методичні аспекти навчання основ теорії і методів оптимізації з комп'ютерною підтримкою

Навчання дисципліни «Основи теорії і методів оптимізації» забезпечує необхідну практичну підготовку майбутніх фахівців у педагогічному університеті.

Згідно роботи [3] предметом вивчення навчальної дисципліни є основні відомості про оптимізаційні задачі, класичні методи оптимізації функцій однієї та багатьох змінних, огляд основних постановок, методів дослідження і розв'язування задач безумовної й умовної оптимізації, математичного програмування, прикладних задач оптимізації, а також сучасні інформаційні системи і технології, які використовуються підчас розв'язування оптимізаційних задач.

Програма вивчення нормативної навчальної дисципліни «Основи теорії і методів оптимізації» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки спеціаліста, магістра галузі знань 0403 «Системні науки та кібернетика» спеціальностей 7.04030201, 8.04030201 «Інформатика*» і є основним документом, в якому визначається обсяг і орієнтовний порядок вивчення навчальної дисципліни відповідно до галузевого стандарту вищої освіти [4].

Курс «Основи теорії і методів оптимізації» розраховано на студентів – магістрантів інформатики, які опанували базові математичні та інформатичні дисципліни, мають ґрунтовні знання щодо роботи на персональному комп'ютері та в мережі Інтернет, вміють працювати в середовищах Windows, MS Office, системи дистанційного навчання MOODLE, систем комп'ютерної математики, таких як Maple, Maxima, Mathematica, Sage, Wolfram/Alpha та ін., педагогічного програмного комплексу Gran, мають навички програмування в середовищах Delphy, C, C++, WEB-прогамування тощо. При навчанні даного курсу студенти переосмислюють і використовують набуті раніше знання і навички як в теоретичному аспекті, так і в практичному їх застосуванні.

Відмітимо, що в процесі навчання теорії оптимізації у профільних вищих навчальних закладах та в багатьох літературних джерелах, зокрема [1, 2], з теорії оптимізації значну увагу приділено теоретичним питанням з функціонального та опуклого аналізу, диференціального числення тощо, на яких ґрунтується теорія оптимізації. Враховуючи, що за навчальними планами Інституту інформатики курс «Основи теорії і методів оптимізації» вивчається у 10-му семестрі, і на його вивчення відведено невелику кількість аудиторних годин, більшість з цих питань доцільно розглядати оглядово, уникаючи некоректних спрощень. Головну увагу слід приділити прикладній складовій курсу «Основи теорії і методів оптимізації», добору наочних прикладів постановок, методів розв'язування і дослідження задач оптимізації, аналізу отриманих результатів, а також доцільному, ефективному і педагогічно-виваженому використанню сучасних інформаційних систем і технологій для розв'язування задач оптимізації.

З методичної точки зору під час навчання відповідних тем курсу «Основи теорії і методів оптимізації» на лекційних і практичних заняттях розглядається кілька етапів аналізу і розв'язування задач оптимізації:

- постановка задачі;
- побудова математичної моделі задачі;
- дослідження умов задачі;
- визначення класу, до якого належить задача оптимізації;
- умови існування розв'язку задач;
- розгляд аналітичних і наближених методів для розв'язування задачі;
- складання алгоритму розв'язування задачі;
- розв'язування задачі оптимізації за допомогою відповідних програмних засобів загального або спеціального призначення, систем комп'ютерної математики тощо;
- аналіз отриманих результатів.

При цьому важливо застосувати такі компоненти комп'ютерного моделювання:

- *використання різних математичних методів та обчислювальних алгоритмів* для розв'язування конкретної задачі та ефективного, наочного порівняльного аналізу як отриманих результатів, так і самих методів та алгоритмів;
- *використання різних програмних засобів* для розв'язування конкретної задачі та аналіз як отриманих результатів, так і характеристик тих чи інших програмних засобів, наприклад, програмних середовищ, середовищ електронних таблиць, пакетів символьних обчислень тощо.

Таким чином, на заняттях з даного курсу студенти навчаються будувати математичні і комп'ютерні моделі прикладних задач оптимізації, визначати класи, до яких належать екстремальні задачі й умови існування їх розв'язків, знаходити екстремуми функцій однієї та багатьох змінних, розв'язувати задачі безумовної та умовної оптимізації з використанням сучасних інформаційних систем і технологій і всебічно їх аналізувати як на етапі постановки, так і після отримання результатів.

Розглянемо даний підхід на прикладі навчання розв'язування задач нелінійної оптимізації.

Задачі нелінійної оптимізації поділяються на 2 класи:

- задачі безумовної нелінійної оптимізації;
- задачі умовної нелінійної оптимізації.

Задача *безумовної нелінійної оптимізації* полягає у пошуку оптимального значення функції мети без додаткових умов:

$$f\,(x_1, x_2, \ldots, x_n) \to \max(\min) \tag{1}$$

Розв'язування задач безумовної нелінійної оптимізації

Ідею розв'язування задачі безумовної нелінійної оптимізації розглянемо на такому прикладі. Нехай дехто знаходиться у підніжжя гори і намагається дійти до її вершини. Шлях до вершини розглядають як послідовність кроків, кожний з яких визначається напрямом $\beta_к$ і довжиною $t_к$ $(k = 1,2, \ldots)$. Очевидно, що з будь-якої початкової точки до вершини є нескінченна кількість шляхів (пологий, але довгий, крутий, але короткий тощо) Якщо вважати, що гора – це поверхня у тривимірному просторі, то даний приклад ілюструє ідею пошуку максимуму функції двох змінних $f\,(x_1, x_2)$ (рис. 1).

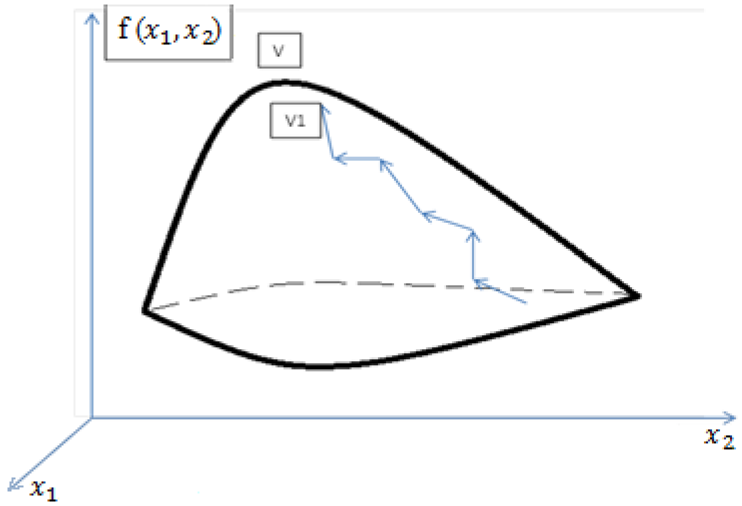

Рис. 1

Алгоритм пошуку екстремуму функції:

- задати початкову точку $x_j^0, j = \overline{1,n}$;
- у заданій точці x_j^0 визначити напрям руху β_1;
- изначити довжину кроку t_1;
- визначити координати кінця першого кроку $x_j^1, j = \overline{1,n}$;
- обчислити значення ознаки екстремума на першому кроці;
- перевірити виконання ознаки екстремума;
- якщо ознака виконується, то приймається, що екстремум знаходиться у точці x_j^1, якщо ні – аналогічно виконується другий крок і т.д. до виконання умови досягнення екстремума.

Важливим питанням пошуку є ознака досягнення екстремума, тобто вершини. У багатьох програмних засобах, зокрема MS Excel, такою ознакою є величина відносного приросту функції на кожній ітерації:

$$\Delta f_k = \frac{f^{k+1} - f^k}{f^k}, k = 0,1, \ldots$$

Екстремум вважається досягнутим, якщо виконується умова

$\Delta f_k \leq \Delta f_{зад}$, де $\Delta f_{зад}$ – задана точність розв'язування задачі.

Питання добору напряму і довжини кроку є надзвичайно важливим, оскільки саме від цього залежить точність отриманих результатів і швидкість збіжності, тобто кількість ітерацій, за яку буде досягнуто екстремальне значення функції.

Методи вибору напряму і довжини кроку бувають різних типів.

Розглянемо деякі з них, що реалізовані у багатьох програмних засобах. Методи пошуку екстремуму, в яких для визначення напряму руху β і величину кроку t використовують тільки значення функції мети, називають *методами нульового порядку*.

Градієнтні методи або *методи першого порядку* – це такі методи, в яких для визначення напряму руху β і величини кроку t використовують значення перших похідних функції мети і визначають її градієнт, наприклад,

$$x^{(k+1)} = x^{(k)} + t_k f'(x^{(k)}),\ t_k > 0,\ k = 0, 1, 2, \ldots,$$

де t_k - величина кроку вздовж напряму $\beta_k = f'(x^{(k)})$ на k-тій ітерації.

Методами Ньютона або *методами другого порядку* називають такі методи, в яких для визначення напряму руху β і величини кроку t використовують значення других похідних функції мети.

Чим вище порядок методів, тим більше обчислень на кожній ітерації, але тим менше потрібно самих ітерацій і навпаки.

Градієнтні методи є найбільш розповсюдженими. Це пояснюється тим, що їх використання не потребує великих обчислень на кожній ітерації, оскільки обчислюються тільки значення функції мети та її перших похідних, а з іншого боку – у цих методів достатньо хороша збіжність, тобто їх використання забезпечує знаходження екстремума за невелику кількість ітерацій.

Градієнтні методи за способом визначення напряму руху β і величини кроку t поділяються на кілька різновидів: методи спряжених градієнтів, субградієнтні методи, методи проекції градієнтів, умовного градієнта тощо [2].

Приклад1. Задача Штейнера. У площині трикутника знайти точку, сума відстаней від якої до вершин трикутника мінімальна (рис. 2). Постановку і формалізацію даної задачі наведено у роботі [1].

Задачу названо ім'ям німецького геометра Якоба Штейнера (19 ст.), який займався цією та іншими подібними задачами.

Розв'язування.

Нехай x_1, x_2 – координати шуканої точки; $(a_1, a_2), (b_1, b_2), (c_1, c_2)$ - координати відповідних вершин трикутника.

Тоді функція мети в такій задачі має вигляд:

$$f(x_1, x_2) = \sqrt{(a_1 - x_1)^2 + (a_2 - x_2)^2} + \\ + \sqrt{(b_1 - x_1)^2 + (b_2 - x_2)^2} + \sqrt{(c_1 - x_1)^2 + (c_2 - x_2)^2}$$

На рисунку 2 наведено розв'язок задачі Штейнера за допомогою табличного процесора MS Excel з використанням засобу Пошук рішення. У клітинці C9 задано функцію мети, оптимальний розв'язок отримано у діапазоні A4:B4 – це точка з координатами (2,543; 0,492).

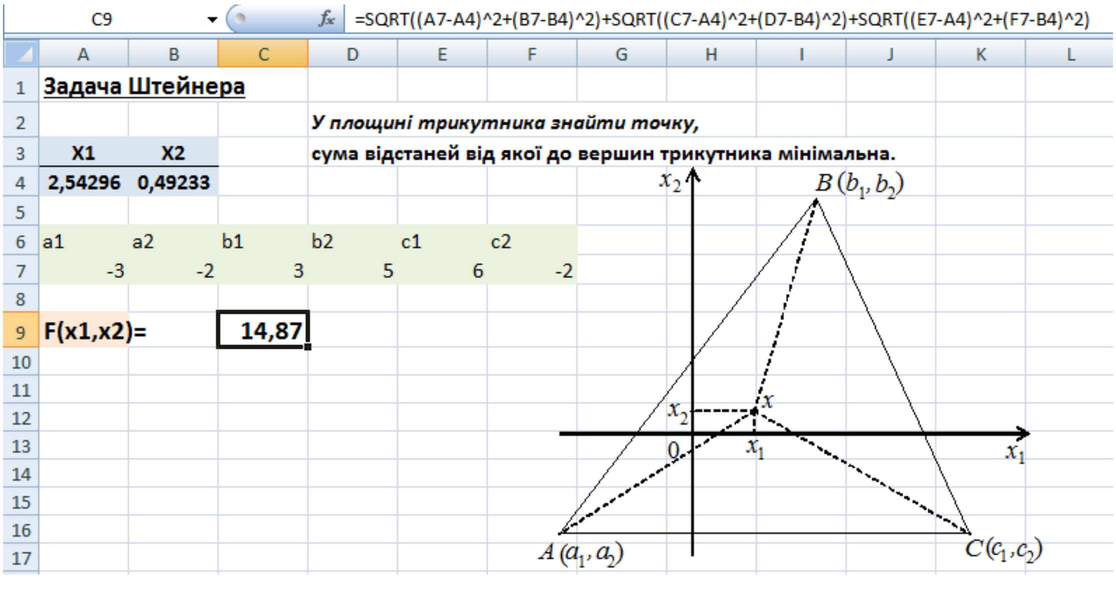

Рис. 2

Розв'язування задач нелінійного програмування за допомогою MS Excel має такі особливості у порівнянні з розв'язуванням задач лінійного програмування:

- призначаються початкові значення змінних x_j^0 $(j=\overline{1,n})$ таким чином, щоб функція мети у початковій точці $f^0=f(x_j^0)$ $(j=\overline{1,n})$ не дорівнювала нулю. Це необхідно для того, щоб не було ділення на нуль при обчисленні $\Delta f_0=\frac{f^1-f^0}{f^0}$;

- в якості параметра засобу Пошук рішення необхідно вибрати методи розв'язування для нелінійних задач оптимізації – Ньютона або спряжених градієнтів (рис. 3);

- відносна похибка пов'язана з величиною $\Delta f_{зад}$ в ознаці досягнення оптимального розв'язку

$$\Delta f_k=\frac{f^{k+1}-f^k}{f^k}\le\Delta f_{зад}\,.$$

За замовчуванням використовується величина 0,000001, що забезпечує достатньо високу точність розв'язку. Зрозуміло, що зниження точності зменшує число ітерацій і скорочує час пошуку розв'язку (рис. 3).

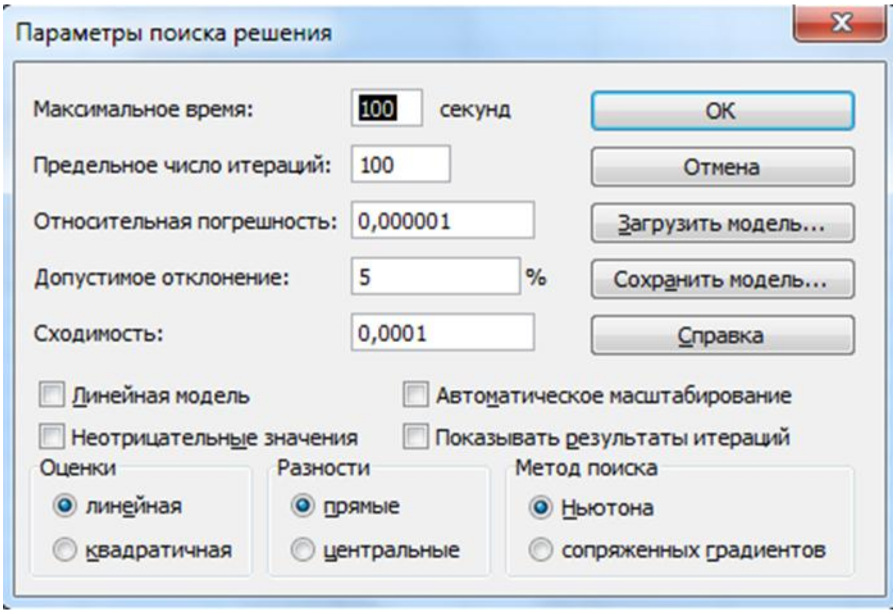

Рис. 3

У системі комп'ютерної математики Maple для знаходження максимуму та мінімуму аналітичних функцій однієї або багатьох змінних використовуються функції:

- *maximize(expr, opt1,opt2, ,optn),*
- *minimize(expr, opt1,opt2, ,optn),*

де *expr* – функція або вираз, мінімальне або максимальне значення якої необхідно обчислити; за допомогою *opt1,opt2,...,optn* задають додаткові параметри цих функцій; використовуючи параметр *location*, виводять не тільки максимальне або мінімальне значення функції, але й оптимальні значення змінних.

На рисунку 4 наведено розв'язок даної задачі у середовищі системи комп'ютерної математики Maple, який співпадає з вищенаведеним розв'язком:

Задача Штейнера

$$a1 := -3.;\ a2 := -2.;\ b1 := 3.;\ b2 := 5.;\ c1 := 6.;\ c2 := -2.;$$

$$-3.\ -2.\ 3.\ 5.\ 6.\ -2.$$

$$f := (x1, x2) \to \mathrm{sqrt}\left((x1-a1)^2+(x2-a2)^2\right)+\mathrm{sqrt}\left((x1-b1)^2+(x2-\mathrm{b2})^2\right)+\mathrm{sqrt}\left((x1-c1)^2+(x2-c2)^2\right);$$

$$(x1, x2) \to \sqrt{(x1-a1)^2+(x2-a2)^2}+\sqrt{(x1-b1)^2+(x2-b2)^2}+\sqrt{(x1-c1)^2+(x2-c2)^2}$$

$$(minimize(f(x1, x2), x1, x2, location));$$

$$14.87007737,\ \{[\{x1=2.542963252,\ x2=0.4923292395\},\ 14.87007737]\}$$

Рис. 4

Розв'язком задачі Штейнера є *точка Торрічеллі* (за ім'ям одного з авторів розв'язку), тобто точка, з якої всі сторони трикутника видно під кутом 120 градусів.

Задача *умовної нелінійної оптимізації* полягає у пошуку оптимального значення функції мети з вимогою виконання додаткових умов у вигляді обмежень і граничних умов:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \to \max(min), \qquad (2)$$
$$g_i(x_j) \le b_i,\ d_j \le x_j \le D_j,\ i = \overline{1,m};\ j = \overline{1,n}\,.$$

Розв'язування задач умовної нелінійної оптимізації

Існує цілий ряд методів розв'язування задач умовної нелінійної оптимізації.

У багатьох програмних пакетах оптимізації, зокрема в MS Excel реалізовано *метод множників Лагранжа*, головна ідея якого полягає у перетворенні задачі умовної оптимізації у задачу безумовної оптимізації:

Перетворимо обмеження-нерівності у рівняння. Тоді задача (2) набуде вигляду:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \to \max \qquad (3)$$

$V_i(x_j) = 0$, де

$V_i(x_j) = g_i(x_j) - b_i$, $i = \overline{1,m}; j = \overline{1,n}$;

Розглянемо функцію Лагранжа для задачі (3):

$$L(x_j, \Lambda_i) = f(x_j) - \sum_{i=1}^{m} \Lambda_i V_i(x_j) \to \max,\ i = \overline{1,m};\ j = \overline{1,n}, \qquad (4)$$

де Λ_i – множники Лагранжа;

За множниками Лагранжа визначають, як зміниться функція мети при зміні правої частини відповідних обмежень на одиницю. Це означає, що множники Лагранжа у нелінійній задачі оптимізації є аналогом двоїстих змінних у лінійній задачі оптимізації.

Для знаходження максимуму функції Лагранжа визначимо її частинні похідні, отримаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L(x_j,\Lambda_i)}{\partial x_j} = 0, \\ \dfrac{\partial L(x_j,\Lambda_i)}{\partial \Lambda_i} = 0,\ i = \overline{1,m};\ j = \overline{1,n}; \end{cases} \qquad (5)$$

Розв'яжемо систему (5) відносно Λ_i і підставимо знайдені розв'язки у (4). Отриману задачу розв'язуємо за методами безумовної оптимізації.

Проілюструємо використання методу множників Лагранжа на прикладі.

Приклад 2. Стереометрична задача Кеплера. У задану кулю радіуса *r* вписати циліндр найбільшого об'єму (рис. 5).

З цією задачею пов'язаний планіметричний варіант [1]: у задане коло вписати прямокутник найбільшої площі, розв'язком якої є квадрат. Задачу названо ім'ям німецького астронома і математика Іоганна Кеплера (17 ст.), який займався цією та іншими подібними задачами.

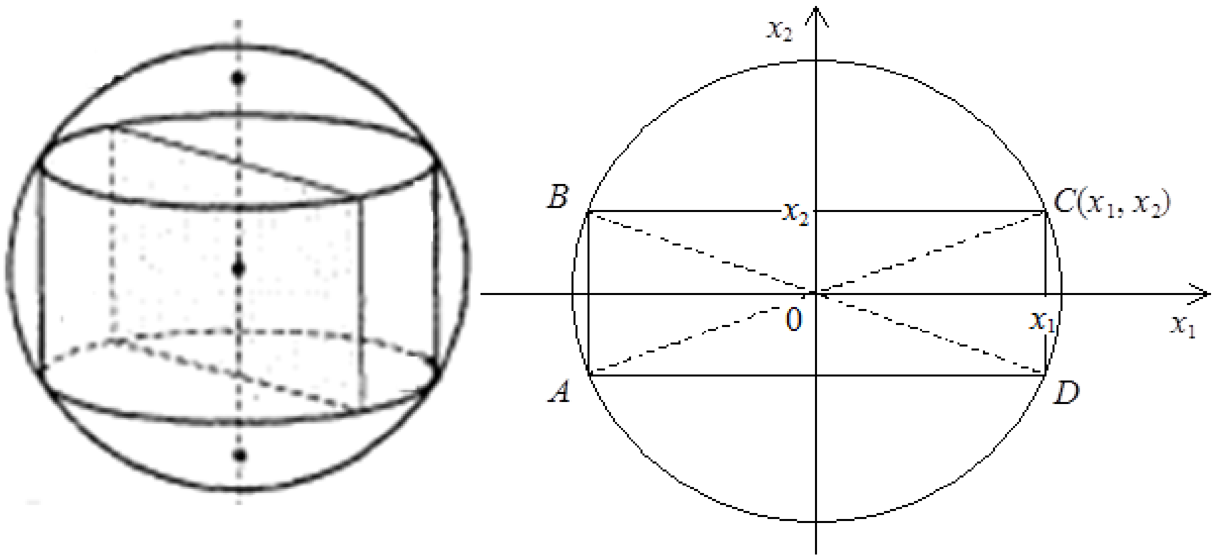

Рис. 5

Розв'язування.

Осьовим перерізом вписаного циліндра є прямокутник (рис. 5).

У системі координат x_1, x_2 математична модель задачі буде такою:

$$f(x_1, x_2) = 2\pi x_1^2 x_2 \to \max$$

за умов

$$g_1(x_1, x_2): x_1^2 + x_2^2 = r^2,$$

де x_1 – радіус основи вписаного циліндра, x_2 – половина висоти циліндра.

На рисунку 6 наведено розв'язок задачі за допомогою табличного процесора MS Excel для $r = 2{,}5$ з використанням засобу *Пошук рішення*. При цьому діапазон клітин A4:A5 відведено для невідомих величин x_1, x_2, у клітину B5 введено формулу для функції мети, у клітину B7 – формулу для обмежень: A4^2+B4^2.

B5 | =2* PI()*A4^2*B4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Задача Кеплера Стереометрична									
2										
3	X1	X2				аналіт.розв: 4sqrt(3)*Pi*r^3/9		=		37,78749
4	2,041557	1,442931		r=	2,5					
5	F(x1,x2)=	37,78753								
6										
7	обмеж.	6,250005	=	6,25						
8										
9										
10	X1/X2	=	1,414868		1,414214					
11										

Рис. 6

Оптимальний розв'язок отримано у діапазоні A4:B4 – це точка з координатами (2,042; 1,443), тобто циліндр максимального об'єму 37,78753 має радіус основи 2,042 і висоту 1,443*2.

Кеплером було знайдено аналітичний розв'язок даної задачі:

$$V_{\max}^{\text{цил}} = 4\sqrt{3}\pi r^3 / 9,$$

у чому переконуємось, ввівши у клітину J3 формулу: = (4*SQRT(3)*PI()*E4^3)/9.

Також було встановлено, що розв'язком стереометричної задачі Кеплера є циліндр, у якого відношення діаметра основи до висоти дорівнює $\sqrt{2}$, у чому переконуємось, ввівши у клітину C10 формулу: =2*A4/2*B4, а у клітину E10 формулу := SQRT(2).

На рисунку 7 наведено *Звіт щодо стійкості*, отриманий за допомогою MS Excel, з якого робимо висновки, що в MS Excel для розв'язування задач умовної нелінійної оптимізації реалізовано метод множників Лагранжа, множник Лагранжа для даної задачі дорівнює 9,066202448.

A1 | Microsoft Excel 14.0 Отчет об устойчивости

	A	B	C	D	E
1	Microsoft Excel 14.0 Отчет об устойчивости				
2	Лист: [НелінПрогр.xlsx]Лист1				
3	Отчет создан: 10.11.2014 20:07:01				
4					
5					
6	Ячейки переменных				
7				Окончательное	Приведенн.
8		Ячейка	Имя	Значение	Градиент
9		A4	X1	2,041557178	0
10		B4	X2	1,442930944	0
11					
12	Ограничения				
13				Окончательное	Лагранжа
14		Ячейка	Имя	Значение	Множитель
15		B7	огранич. X2	6,250005422	9,066202448

Рис. 7

Далі студентам пропонується знайти розв'язок даної задачі за методом множників Лагранжа за допомогою системи комп'ютерної математики Maple і порівняти результати.

Запишемо функцію Лагранжа:

$$L(x_1, x_2, \Lambda_1) = 2\pi x_1^2 x_2 - \Lambda_1 (x_1^2 + x_2^2 - r^2) \rightarrow \max$$

Візьмемо частинні похідні від функції Лагранжа за її змінними за допомогою функції *diff()*, отримаємо систему 3-х нелінійних рівнянь і розв'яжемо її за допомогою функції *solve()* (рис. 8).

>>Задача Кеплера стереометрична

$r := 2.5;$

$$2.5$$

$>L := 2 \cdot Pi \cdot x1^2 \cdot x2 - lamda \cdot (x1^2 + x2^2 - r^2);$

$$L := 2\,P\,i\,x1^2\,x2 - lamda\,(x1^2 + x2^2 - 6.25)$$

$eq1 := (diff(L, x1)) = 0;$

$$4\,P\,i\,x1\,x2 - 2\,lamda\,x1 = 0$$

$eq2 := (diff(L, x2)) = 0;$

$$2\,P\,i\,x1^2 - 2\,lamda\,x2 = 0$$

$eq3 := (diff(L, lamda)) = 0;$

$$-x1^2 - x2^2 + 6.25 = 0$$

$sist := (solve(\{eq1, eq2, eq3\}, \{x1, x2, lamda\}));$

$\{lamda = 0., x1 = 0., x2 = 2.500000000\}, \{lamda = 0., x1 = 0., x2 = -2.500000000\}, \{\mathbf{lamda = 2.886751346\,P\,i, x1 = 2.041241452, x2 = 1.443375673}\}, \{lamda = 2.886751346\,P\,i, x1 = -2.041241452, x2 = 1.443375673\}, \{lamda = -2.886751346\,P\,i, x1 = 2.041241452, x2 = -1.443375673\}, \{lamda = -2.886751346\,P\,i, x1 = -2.041241452, x2 = -1.443375673\}$

Рис. 8

З усіх розв’язків вибираємо той, що задовольняє умови $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$:

$$\boldsymbol{lamda = 2.886751346\,P\,i} \approx 9{,}0689;\ \boldsymbol{x1 = 2.041241452,\ x2 = 1.443375673}.$$

Результати співпадають з вищенаведеними з урахуванням похибок обчислень.

Крім розглянутих функцій так званого ядра системи комп’ютерної математики Maple, для розв’язування задач оптимізації існує спеціалізований пакет Optimization. Підключивши даний пакет, для розв’язування задач нелінійної оптимізації використовуємо функцію NLPSolve (solve a nonlinear program), формат якої:

NLPSolve(obj, constr, bd, opts),

де obj – функція мети, записується в алгебраїчній формі;

constr – обмеження;

bd – граничні умови;

opts – умови, яким задавольняють змінні;

assume = nonnegative – покладається, що всі змінні набувають невід’ємних значень.

За замовчуванням за допомогою NLPSolve знаходять мінімум функції мети в задачі нелінійного програмування; для знаходження максимума треба вказати maximize.

На рис. 9 наведено розв’язок стереометричної задачі Кеплера за допомогою пакета Optimization:

>Задача Кеплера (стереометрична)

$with(Optimization);$

$$[ImportMPS, Interactive, LPSolve, LSSolve, Maximize, Minimize, NLPSolve, QPSolve]$$

$NLPSolve(2 \cdot Pi \cdot x1^2 \cdot x2, \{x1^2 + x2^2 = 6.25\}, assume = nonnegative, maximize);$

$$[37.7874867551481444, [x1 = 2.04124143617280751, x2 = 1.44337569581893477]]$$

Рис. 9

Як бачимо, результати також співпадають з вище наведеними.

Далі при розв’язуванні задач нелінійної оптимізації студенти проводять варіантний аналіз, зокрема параметричний, структурний, при умовних вхідних даних, отримують розв’язки за замовленням, порівнюють результати неперервної, цілочислової та дискретної оптимізації. Крім цього потужними засобами, використання яких допомагає прийняти рішення, є аналіз отриманого оптимального рішення, його математичних та економічних показників.

В якості індивідуальних проектів студенти розробляють алгоритми розв'язування конкретних прикладних задач безумовної та умовної нелінійної оптимізації і описують їх однією з процедурних мов програмування у програмних середовищах за власним вибором. Результати порівнюють з наведеними вище.

Розглянуті у статті методичні аспекти навчання основ теорії і методів оптимізації з комп'ютерною підтримкою сприяють розвитку у студентів математичних та інформатичних компетентностей.

Список використаних джерел

1. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навчальний посібник. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 608 с.
2. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 518 с.
3. Кузьміна Н.М. Зміст і методика навчання курсу «Основи теорії і методів оптимізації» в педагогічному університеті // Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова. Серія № 2 Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук. праць / Редрада. – К. НПУ імені М.П. Драгоманова, 2012. – №13(20). – С. 85-89.
4. Кузьміна Н.М. Основи теорії і методів оптимізації: програма навчальної дисципліни для підготовки студентів спеціальностей 7.04030201, 8.04030201 «Інформатика*» Інституту інформатики НПУ імені М.П. Драгоманова// К.: Вид-во НПУ імені М.П. Драгоманова, 2014. – 28 с.

Рафальська М. В.
Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

Формування компетентностей у галузі алгоритмізації та програмування майбутніх вчителів інформатики у процесі навчання операційних систем

Однією з актуальних проблем у галузі підготовки майбутніх вчителів інформатики є формування у них системи предметних (інформатичних) компетентностей на рівні, достатньому для здійснення успішної професійної діяльності та подальшого самонавчання та саморозвитку [1, 44; 2, 11; 3, 36].

Аналіз досліджень, присвячених цій проблемі (зокрема, робіт В. Ю. Бикова, М. І. Жалдака, М. П. Лапчика, Н. В. Морзе, С. А. Ракова, Ю. С. Рамського, С.О. Семерікова, О. М. Спіріна, Ю. В. Триуса, С. М. Яшанова та ін.), дає змогу зробити висновок про те, що формування *системи інформатичних компетентностей майбутніх вчителів інформатики* полягає в опануванні на достатньо високому рівні змістом фундаментальних та прикладних розділів інформатики, її основними методами з врахуванням майбутньої професійної діяльності, набутті досвіду розв'язування задач професійного спрямування, опануванні методологією здійснення дослідницької діяльності у відповідній предметній галузі. До предметних (інформатичних) компетентностей майбутніх вчителів інформатики можна віднести: інформологічно-методологічні, інформаційно-технологічні компетентності, компетентності у галузі моделювання, комп'ютерної інженерії, алгоритмізації та програмування [1, 46].

В результаті оцінювання рівня сформованості інформатичних компетентностей студентів педагогічних університетів, бесід з викладачами інформатичних дисциплін було з'ясовано, що велика частка студентів мають низький рівень сформованості компетентностей у галузі алгоритмізації та програмування. Показники змінюються в залежності від курсу навчання, при цьому найнижчі показники рівня сформованості зазначених компетентностей спостерігаються на першому курсі навчання в університеті (65 % студентів мають низький рівень компетентностей у галузі алгоритмізації та програмування).

Відсутність обов'язкової державної підсумкової атестації з інформатики для випускників середніх загальноосвітніх закладів, особливості навчання інформатики у профільній школі спричинюють те, що на спеціальність «Інформатика*» вступають абітурієнти з різним рівнем інформатичних компетентностей, зокрема компетентностей у галузі алгоритмізації та програмування. Багато студентів через відсутність базових знань з основ алгоритмізації та програмування не можуть пристосуватися до темпу навчання програмування в університеті та демонструють низькі показники успішності, у той час як інші студенти готові до вивчення мов програмування та розв'язування запропонованих завдань. Через значну відмінність у рівнях сформованості компетентностей у галузі алгоритмізації та програмуванні студенти, які мають труднощі з програмуванням, втрачають мотивацію до навчання, набуття ними відповідних компетентностей гальмується.

Виявлене протиріччя між вимогами до рівня підготовки вчителів інформатики у галузі алгоритмізації та програмування та наявним рівнем сформованості відповідних компетентностей у студентів педагогічних університетів спричинює необхідність перегляду процесу формування