and of all the planet as a whole. It means that everyone should be able to communicate with a representative of any other country, to understand him, to accept for who he really is. Only the high quality of received education gives a person the opportunity to learn to know a multipolar world, to act and to coexist in it without conflicts and together with other people [10].

REFERENCES

1. Невежество и мракобесие: [Electronic resource]. URL: http://domestic-lynx.livejournal.com/50493.html. (Date of access: 05.03.2014).

2. Information and Communication Technologies in Education // Balashov S., Verner I., Bishevksy V. / Contemporary Innovation Technique of the Engineering Personnel Training for the Mining and Transport Industry 2014 (CITEPTMTI'2014). Conference Proceedings. (2014) Ukraine, Dnepropetrovsk: National Mining University, pp. 538-547.

3. Пути повышения качества профессиональной подготовки студентов: материалы междунар. науч.-практ. конф. Минск, 22–23 апр. 2010 г. / редкол.: О. Л. Жук (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУ, 2010. – 567 с.

4. Шаталова Г.С. Целебное питание. СПб.: Вектор, 2013. – 416 с.

5. Баландин Р.К. От Николы Теслы до большого взрыва. Научные мифы / Рудольф Баландин. – М.: Яуза: Эксмо, 2009. – 352 с.

6. Вагонов А. Наука и научно-популярная литература // Экология и жизнь. – 2008. – № 11. – С. 5.

7. UNESCO Institute for Statistics (UIS) and UNICEF (2015). Fixing the Broken Promise of Education for All: Findings from the Global Initiative on Out-of-School Children. Montreal: UIS. http://dx.doi.org/10.15220/978-92-9189-161-0-en

8. United Nations Development Programme – Human Development Reports. [Electronic resource]. URL: http://hdr.undp.org/en/data. (Date of access: 01.05.2015).

9. Проект «Научи хорошему». [Electronic resource]. URL:http://whatisgood.ru/. (Date of access: 01.05.2015).

10. Медетова Р.М. Влияние образования на формирование толерантности у учащихся в духе национального и глобального гражданства [Текст] / Р.М. Медетова // Молодой ученый. — 2013. — №2. — С. 383-386.

УДК 622.002.5:519.853.6

ФУНКЦИЯ ХИММЕЛЬБЛАУ, КАК УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕСТОВАЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ПРЯМЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ

М.Н. Трубицин
кандидат технических наук, Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина

Аннотация. Дан обобщенный подход и алгоритм решения оптимизационных задач рудоподготовки, интегральных характеристик загрузки мельниц, логистического управления запасами, проектирования планетарных редукторов. Их построение основано на тестировании функции Химмельблау, для чего показано аналитическое нахождение ее экстремумов, где определены раздельные области расположения минимумов и максимума.

Ключевые слова*: рудоподготовка, управление запасами, мультимодальная функция Химмельблау, локализация экстремумов, многосвязная область определения целевой функции.*

HIMMELBLAU FUNCTION AS A UNIVERSAL TEST MULTIMODAL FUNCTION OPTIMIZATION OF DIRECT METHODS

Mikhail Trubitsin
Ph.D., State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine

Abstract. Given generalized approach and algorithm for solving optimization problems of ore preparation, integral characteristics of load mills, logistics inventory management, design planetary gear units. It construction is based on testing Himmelblau function, which shows analytical finding extrema, which identifies the location of the field separate minima and maxima.

Keywords*: ore preparation, inventory management, multimodal function Himmelblau, lo-localization of extrema, multiply the domain of the objective function.*

Введение. Транспортные технологии плюс специфика различных задач горнорудной промышленности подразумевают решение множества оптимизационных задач. Их сложность заключается в: не дифференцируемости целевой функции (ЦФ); явных и неявных ограничениях; некорректности постановки задач; многокритериальности получаемых решений; разрывности ЦФ; необходимости проведения целочисленной оптимизации. Примеры решения таких задач даны в табл. 1. Здесь желательно иметь надежный универсальный алгоритм (или специальные алгоритмы) оптимизации, дающие полный и обоснованный набор найденных решений - экстремумов. Создание подобных алгоритмов требует обязательной тестовой проверки их работы, причем, с заранее известным точным расположением всех экстремумов обобщенной тестовой ЦФ. В противном случае, срабатывает положение, что *Оптимизация … это стремление к совершенству, которое возможно и не будет достигнуто,* [5, с.138].

Одной из наиболее распространенных тестовых функций прикладных задач мультимодальной оптимизации есть функция Химмельблау (ФХ) [6-8 и др.]:

$$f(x,y)=(x^2+y-11)^2+(x+y^2-7)^2. \quad (1)$$

Благодаря простоте своей аналитической записи, симметричности области определения (ОО) – квадрат 10х10, с центром в начале координат, наличию локальных, глобальных и фиктивных (находящихся на границах ОО) экстремумов, мультимодальную ФХ можно считать обобщенной за счет наличия самых различных вариантов решений, т.е. универсальной тестовой функцией. Она позволяет апробировать различные методы (в том числе и прямые) поиска экстремумов функций произвольной сложности, при любых ограничениях на ОО. Скорректировать стратегию и тактику проведения уточняющего решения итерационного процесса, ввести ускоряющие элементы нахождения решения процесса поиска (например, взвешивание значений целевой функции), оценить значимость этих и других мер.

Таблица 1 - Примеры решенных оптимизационные задач

<table>
<tr><th colspan="2">Задачи</th><th>Отрасль промышленности и науки. Применение</th><th>Краткое описание и пояснения</th><th>Сложности, специфика, формирование условий</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Рудоподготовки</td><td rowspan="2">Горнорудная, управление карьерным автотранспортом</td><td rowspan="2">Руда в забоях характеризуется 4 параметрами. Линейные ограничения на суммарный объем добытой руды, [1].</td><td>1) Задача линейного программирования с возможной некорректностью ограничений</td></tr>
<tr><td>2) Задача о составе смеси</td></tr>
<tr><td colspan="2">Определение минимальной ординаты центра масс внутренней загрузки барабанных мельниц</td><td>Горнорудная</td><td>Ключевая задача внутренней механики барабанных мельниц, [2]. Высоте подъема соответствует производительность мельницы.</td><td>Фактическое отсутствие ограничений, мультимодальность. Выделение новых подобластей min и max на основании достаточных условий.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Управление запасами при наличии ограничений но объем склада</td><td>Транспортные технологии, логистика</td><td>Известны итерационный и аналитический алгоритмы решения для 2-х переменных, [3].</td><td>Нелинейная задача при линейных ограничениях. При n>2 необходим специальный</td></tr>
<tr><td colspan="2">Проектирование одноосных планетарных редукторов</td><td>Технология машиностроения</td><td>Задача целочисленной оптимизации, [4].</td><td>Ступенчатые функции и целевая, и ограничений</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Вспомогательные</td><td>Решение трансцендентных уравнений и систем уравнений</td><td rowspan="3">Прикладные математика и механика, образование</td><td>Введение: штрафов; зондирования пр-ва; локализации extrem; выбор метода решения.</td><td rowspan="2">Минимизация неувязок, проверка правильного выбора начальных условий. Многокритериальность проведения решения.</td></tr>
<tr><td>Метод наименьших квадратов в неявном виде</td><td>Выбор «лучшего» экстремума</td></tr>
<tr><td>Активный многофакторный эксперимент</td><td>Определение, в основном, только направления поиска</td><td>Учет экстремумов, лежащих на границах областей</td></tr>
</table>

Эту функцию целесообразно использовать для нахождения новых подходов и приемов описания областей локализации найденных экстремумов и исключения их из дальнейшего рассмотрения путем введения штрафных слагаемых их рангов или критериев по различным ограничениям на ОО, [9].

Проверка правильности перечисленных подходов возможна только при знании расположения всех, без исключения, экстремумов ФХ. Последнее является, несомненно, *актуальным вопросом* также за счет:

• широкой востребованности (только частично отмеченной в табл. 1) задач прямой оптимизации (поиск экстремумов без определения производных ЦФ);

• необходимости обязательного выбора конкретного метода (Нелдера-Мида, сеток, Хука–Дживса, Розенброка и др.) или их модификаций к конкретной задаче поиска с подбором стратегии (операции, их последовательность) и тактики (выбор коэффициентов деформации управляемых объектов) поиска;

• проверки перевода аналитических положений оптимизации на кусочно-разностное описание поверхности в трехмерном пространстве *xyf* с использованием наглядных средств графики современных математических пакетов (таких как MathCad-14);

• выбора нужного критерия останова процесса поиска экстремума мультимодальной ЦФ из множества совместных или раздельных условий по точности: расположения точек соседних итераций ε_x и значения ЦФ в них ε_y; объема, площади поверхности или периметра областей (симплекса) ε_V, ε_S, ε_P, количества исходных точек (сетки) или точек зондирования пространства $n_{ЛП\text{-}\tau}$;

• обоснования вида областей возможной локализации экстремума и рационального описания границ (полоса, гиперкуб, суперэллипс, симплекс и др.) с расстановкой приоритетов и критериев ограничений.

В связи с выше изложенным, **целью работы** является аналитическое определение расположения *всех* экстремумов ФХ для тестирования методов решения ряда (табл. 1) оптимизационных задач. **Идея работы** заключается в использовании нулевых зависимостей вторых производных ЦФ для установления и разделения по свойствам подобластей ОО.

Состояние вопроса. Очевидно, из-за громоздкости проведения необходимых аналитических выкладок поиска экстремумов ФХ при простоте вида самой функции (1), вывод получения координат экстремумов в известных нам работах не приводится. Даются только ссылки, что поиск вполне можно провести аналитически [10]. Графические возможности современных пакетов (например, MathCad-14) позволяют построить любые поверхности *z=f(x,y)* в трехмерном пространстве *xyf* для предварительного визуального определения расположения экстремумов, рис. 1 и возможного отделения этих экстремумов.

Построенная топография поверхности позволяет заключить, что ФХ в своей ОО будет иметь 5 глобальных экстремумов: 4 минимума и 1 максимум. Остальные максимумы можно считать локальными, т.к. они будут лежать на границах выбранного квадрата 10x10, рис. 1. Для уточнения расположения экстремумов воспользуемся процедурами Minimize и Maximize (пакет MathCad-14, где все установки и методы решений были приняты по умолчанию - TOL=10^{-3} и т.д.). Графическое достижение пяти экстремальных решений показано на рис. 2, где условно принято, что если вершина не соединена с точкой экстремума, то решение из нее достигнуто не было. Из чего делается вывод о необходимости увеличения набора (или его плотности) начальных точек выхода при нахождении максимального количества решения. Значения координат найденных экстремумов приведены в табл. 2, где также даны количественные оценки условий существования экстремумов. К этим оценкам относятся:

- необходимые условия – нулевые первые производные:

$$f'_x = 0 \quad \text{и} \quad f'_y = 0\,; \tag{2}$$

- достаточные условия – положительность детерминанта, характеризующего положи тельную или отрицательную определенность соответствующей квадратичной формы

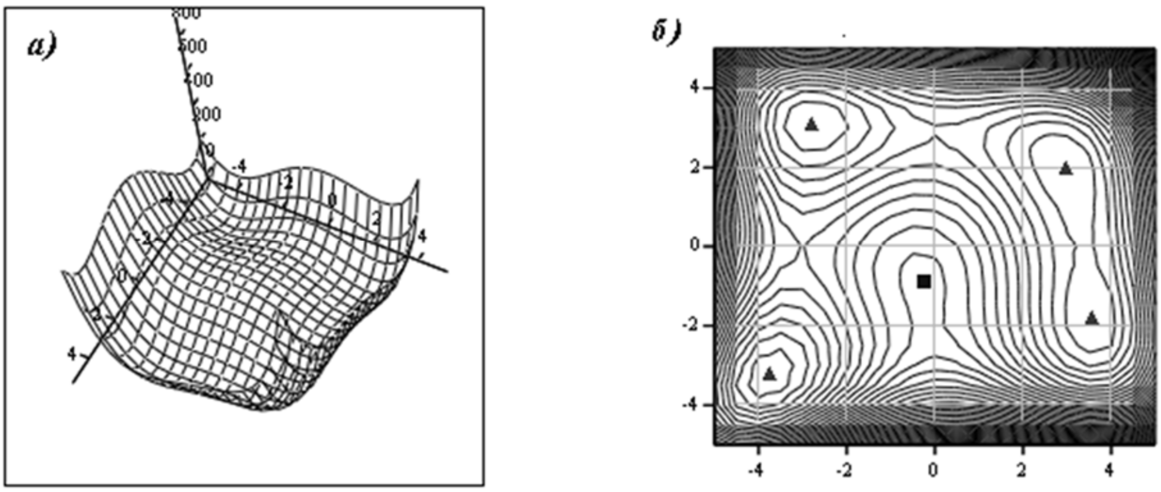

Рисунок 1 - Геометрическое представление поверхности ФХ в квадрате -4,5 ≤ **x,y** ≤ 4,5 графическими средствами пакета MathCad.

*а) поверхность **z=f(x,y**,* в виде сетки;

б) линии уровня поверхности и расположение глобальных экстремумов:

■ *– один максимум;* ▲ *–четыре минимума.*

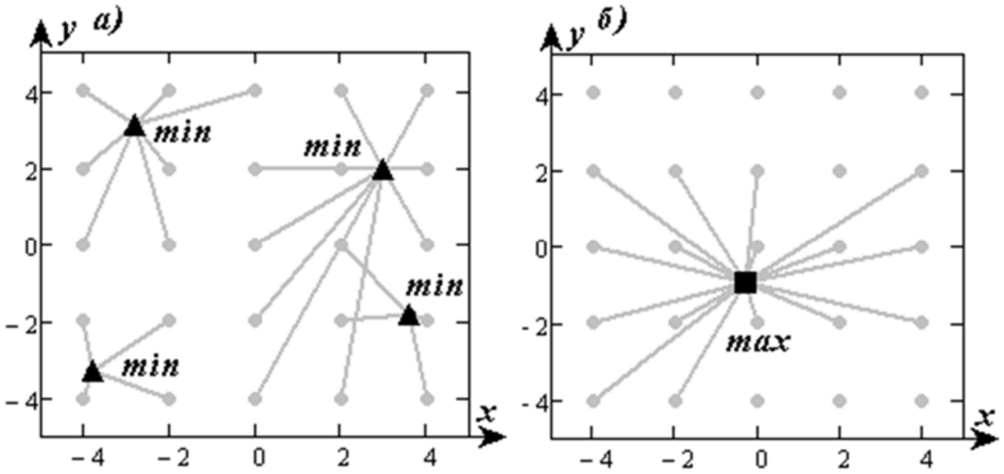

Рисунок 2 - Достижение экстремальных решений ФХ, при выходе из 25 вершин (•)

равномерной сетки: а) нахождение четырех минимумов; б) нахождение одного максимума.

$$D(x_0, y_0) = det\begin{bmatrix} f''_{xx}(x_0, y_0) & f''_{xy}(x_0, y_0) \\ f''_{yx}(x_0, y_0) & f''_{yy}(x_0, y_0) \end{bmatrix} > 0 \qquad (3)$$

в исследуемой точке ***(x₀,y₀)***;

- дополнительные условия – знаки вторых, не смешанных производных должны совпадать, т.е.

$$f''_{xx}(x_0, y_0) \cdot f''_{yy}(x_0, y_0) > 0, \qquad (4)$$

при этом если то

$$\begin{cases} f''_{xx}(x_0, y_0) > 0 \\ f''_{xx}(x_0, y_0) < 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} f(x_0, y_0) \to min \\ f(x_0, y_0) \to max \end{cases} . \qquad (5)$$

Таблица 2 - Оценки необходимого и достаточного условий существования экстремумов

параметры	экстремумы				
	минимумы				максимум
	1	2	3	4	
x	-3.779	3.584	-2.805	3	-0.271
y	-3.283	-1.848	3.131	2	-0.923
f(x,y)·10⁶	5,491	9,47	4,333	0	181.617·10⁻⁶
f'_x	0.031	-0.044	7.261·10⁻³	-2.438·10⁻¹⁴	6,78·10⁻³
f'_y	7.645·10⁻³	7.352·10⁻⁴	-0.025	-4.36·10⁻¹⁵	9,213·10⁻⁵
f''_{xx}	116.238	104.749	64.94	74	-44,81
f''_{yy}	88.221	29.317	80.418	34	-16,86
f''_{xy}	-28.248	6.944	1.304	20	-4,776
D(x,y)·10⁻³	9,457	3,023	5,221	2,116	732.748

Остальные случаи (например $D(x_0,y_0)=0$) – особые и нуждаются в дополнительном исследовании, которое не входит в рамки данной работы. Условие

(3), в двумерном случае, является требованием к лишь существованию экстремума, а не определением его вида (max или min), как иногда ошибочно принимается [10, с.68]. При $D(x_0,y_0)<0$ экстремум в точке (x_0,y_0) отсутствует.

Постановка задачи. Для последующей апробации стратегии и тактических приемов прямых методов оптимизации нужно найти аналитический вид координат всех экстремумов ФХ (1) при обязательном выполнении необходимых (2), достаточных (3) и дополнительных (4,5) условий существования экстремумов. При этом показать возможность использования нулевых дополнительных условий для разделения областей максимумов и минимумов путем нанесения границ этих областей.

$$f''_{xx}(x,y)=0; \qquad f''_{yy}(x,y)=0; \qquad D(x,y)=0\,.$$

Пример нанесения границ таких раздельных по свойствам областей, в которых ФХ принимает экстремальные значения, показаны на рис. 3.

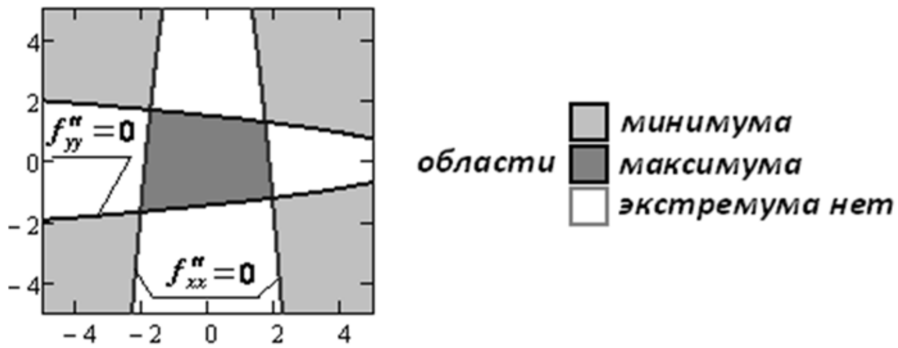

Рисунок 3 - Области расположения экстремумов ФХ, согласно условий (5).

Материалы исследований. Согласно цели данной работы рассмотрим аналитический вывод условий для определения координат расположения возможных экстремумов ФХ. В комплексе, это необходимо в виду:

1. не достижимости, в общем случае, близлежащего (или даже вообще никакого) экстремума из начальной точки (вершины сетки) выхода, рис. 2;
2. не удовлетворению, в некоторых случаях, необходимому условию существования экстремума – серые подложки в табл. 2 с лишь приблизительно нулевыми значениями;
3. использования в дальнейшем варианта локализации экстремумов, выбора очередной точки выхода, определения условий исчерпанности ОО ЦФ;
4. выбора критериев останова процесса счета связанных с точностью (погрешностью) получения решения.

Построим в удобной форме необходимые условия существования экстремумов (2) функции (1). Нули первых производных дадут:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial x} = 0 \\ \dfrac{\partial f(x,y)}{\partial y} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2x\cdot\left(x^2+y-11\right)+\left(x+y^2-7\right)=0 \\ \left(x^2+y-11\right)+2y\cdot\left(x+y^2-7\right)=0 \end{cases}. \qquad (6)$$

В последней системе, в правых частях обоих уравнений произведено сокращение на масштабный коэффициент 2. Эти и дальнейшие элементарные приемы упрощения уравнений системы не должны, на наш взгляд, привести к отбрасыванию корней системы, т.е. к получению неполного набора решений. Умножим первое уравнение системы на *2y* и вычтем из него второе уравнение; затем, умножим второе уравнение на *2x* и вычтем из него первое. Приведем подобные и получим преобразованную систему:

$$\begin{cases} \left(x+y^2-7\right)\left(1-4xy\right)=0 \\ \left(x^2+y-11\right)\left(4xy-1\right)=0 \end{cases}. \qquad (7)$$

Это - система нелинейных уравнений и она будет иметь решения в четырех случаях, соответствующих одновременным различным парам нулевых значений сомножителей ее уравнений:

$$1)\ \begin{cases} x=7-y^2 \\ y=11-x^2 \end{cases}; \quad 2)\ \begin{cases} x=7-y^2 \\ y={}^{1}\!/_{4x} \end{cases}; \quad 3)\ \begin{cases} y={}^{1}\!/_{4x} \\ y=11-x^2 \end{cases}; \quad 4)\ \begin{cases} y={}^{1}\!/_{4x} \\ y={}^{1}\!/_{4x} \end{cases}. \qquad (8)$$

При одновременном равенстве нулю обоих сомножителей уравнений (7) для получения большего количества вариантов решений нужно поочередно брать одно уравнение из (6), а второе – из (7), тогда получим следующие четыре случая, соответствующие уже тройкам не нулевых сомножителей, табл.3.

Аналитическое представление этих троек имеет следующий вид:

$$5)\ \begin{cases} 2x\cdot\left(x^2+y-11\right)+\left(x+y^2-7\right)=0 \\ y={}^{1}\!/_{4x} \end{cases}; \quad 7)\ \begin{cases} 2x\cdot\left(x^2+y-11\right)+\left(x+y^2-7\right)=0 \\ y=11-x^2 \end{cases};$$

$$6)\ \begin{cases} y={}^{1}\!/_{4x} \\ \left(x^2+y-11\right)+2y\cdot\left(x+y^2-7\right)=0 \end{cases}; \quad 8)\ \begin{cases} x=7-y^2 \\ \left(x^2+y-11\right)+2y\cdot\left(x+y^2-7\right)=0 \end{cases}. \qquad (9)$$

Подстановка в вариантах 7 и 8 нулевых сомножителей (8) в уравнения (6) даст совпадающий, одинаковый результат – вариант 1, что и отмечено в табл. 2 номерами с индексами «а». Аналогичная подстановка нулевого сомножителя $y=(4x)^{-1}$ в вариантах 5 и 6 дает в результате одинаковый полином 5-й степени

$$32x^5-336x^3-104x^2+1=0, \qquad (10)$$

поэтому варианты 5 и 6 (или 5а, табл.3) также считаем совпадающими. За счет идентичности вторых нулевых сомножителей в обоих уравнениях (7) совпадут варианты пар нулевых сомножителей, отмеченных в табл. 3 индексами «а» и серыми подложками.

Таблица 3 - Варианты составления систем уравнений расположения экстремумов

<table>
<tr><th colspan="9">Пара нулевых сомножителей</th><th colspan="6">Тройка нулевых сомножителей</th></tr>
<tr><td rowspan="2">1</td><td>(•)</td><td>(-)</td><td rowspan="2">2</td><td>(•)</td><td>(-)</td><td rowspan="2">3</td><td>(-)</td><td>(•)</td><td rowspan="2">5</td><td>(•)</td><td>(•)</td><td>6</td><td>(-)</td><td>(•)</td></tr>
<tr><td>(•)</td><td>(-)</td><td>(-)</td><td>(•)</td><td>(•)</td><td>(-)</td><td>(-)</td><td>(•)</td><td>5a</td><td>(•)</td><td>(•)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4</td><td>(-)</td><td>(•)</td><td rowspan="2">2a</td><td>(•)</td><td>(•)</td><td rowspan="2">3a</td><td>(-)</td><td>(-)</td><td>7</td><td>(•)</td><td>(•)</td><td>8</td><td>(•)</td><td>(-)</td></tr>
<tr><td>(-)</td><td>(•)</td><td>(-)</td><td>(-)</td><td>(•)</td><td>(•)</td><td>1a</td><td>(•)</td><td>(-)</td><td>1a</td><td>(•)</td><td>(•)</td></tr>
</table>

Исключение из систем (8) неизвестного ***y*** дает алгебраические уравнения 3-й и 4-й степени относительно ***x***, вид, решение и обработка результатов которых приведена в табл. 4. Аналогично, там же, в табл. 4 рассмотрено уравнение (10). Вид первых трех систем (8) позволяет получить и графическое их решение, нужное при необходимости традиционного «отделения» корней и наглядной проверки, рис. 4. Параболы рис. 3-4 не совпадают.

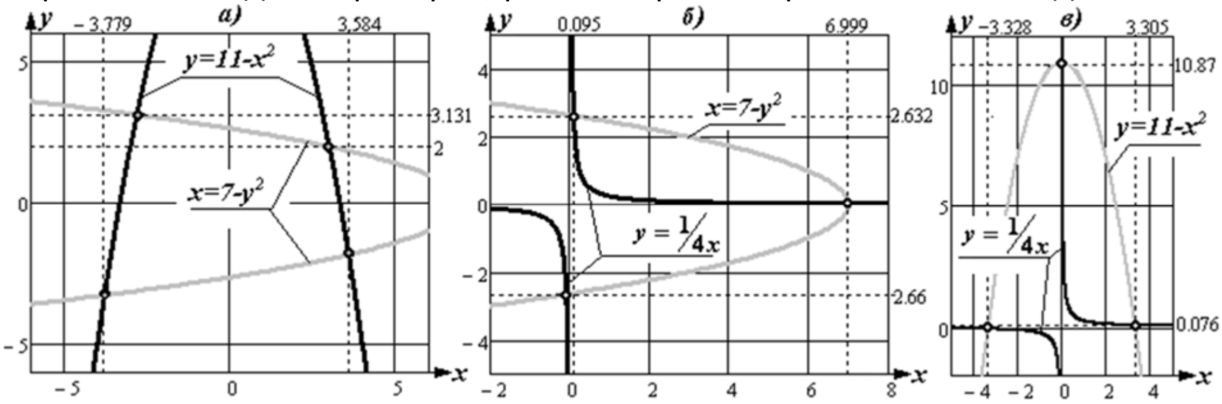

Рисунок 4 - Графическое получение решений, соответствующее случаям (8):

а) первый вариант; б) второй вариант; в) третий вариант.

Четвертый вариант (8), в силу полного совпадения уравнений системы будет иметь, не интересующее нас, бесконечное множество (кроме ***x,y=0***) решений и поэтому в дальнейшем не рассматривается.

Результаты исследований. Корни уравнений (8-9) определялись процедурой polyroots (пакет MathCad-14), все установки, по-прежнему, приняты по умолчанию. Координаты полученных глобальных экстремумов в табл. 4 отмечены ячейками с жирными рамками. Приводимые расчеты показывают, что в этих точках полностью выполняются и необходимые, и достаточные условия существования для экстремумов обоих типов. Ячейками с серыми подложками отмечены варианты выполнения достаточных условий (3,4,5), последнее для минимума, и приближенного выполнения необходимых условий (2), что и отмечено в табл. 4 значками приближенного минимума *~min*.

Таблица 4 - Определение экстремумов ФХ

№ варианта	Полином-уравнение	Корни уравнений и координаты точек возможных экстремумов					
1	$x^4 - 22x^2 + x + 114 = 0$	***x***	-3.779	-2.805	3	3.584	
		y	-3.281	3.132	2	-1.845	
		D(x,y)	9461	5223	2116	3025	
		$f'_x \cdot 10^6$	-0.044	0.012	0.345	0.379	
		$f'_y \cdot 10^6$	0.286	0.077	1.382	-1.401	
		f''_{xx}	116.265	64.949	74	104.785	
		f''_{yy}	88.234	80.441	34	29.325	
		min/max	***min***				
		f(x,y)	0	0	$2.98 \cdot 10^{-14}$	$3.59 \cdot 10^{-14}$	
2	$16x^3 - 112x^2 + 1 = 0$	***x***	-0.094	0.095	6.999		
		y	-2.66	2.632	0.036		
		D(x,y)	-3209	-1915	305.695		
		f'_x	5.127	3.183	1064		
		f'_y	-27.309	-16.726	76.036		
		f''_{xx}	-52.548	-31.381	545.929		
		f''_{yy}	58.751	57.239	2.01		
		min/max	-	-	***~min***		
		f(x,y)	186.449	69.944	1445		
3	$4x^3 - 44x + 1 = 0$	***x***	-3.328	0.023	3.305		
		y	-0.075	10.87	0.076		
		D(x,y)	-3741	913.976	-1319		
		f'_x	-20.645	228.023	-7.378		
		f'_y	3.102	5016	-1.116		
		f''_{xx}	90.601	2.004	89.395		
		f''_{yy}	-39.244	1426	-12.711		
		min/max	-	***~min***	-		
		f(x,y)	106.55	12999	13.609		
5-6	$32x^5 - 336x^3 - 104x^2 + 1 = 0$	***x***	-3,073	-0,271	-0,128	0,087	3,385
		y	-0,081	-0,923	-1,954	2,884	0,074
		D(x,y)	-2872	732.69	-1027	-2394	-1379
		$f'_x \cdot 10^{10}$	-274.50	-193.99	-0.066	0.053	-281.702
		$f'_y \cdot 10^{11}$	446.32	3581	-0.013	0.022	-416.034
		f''_{xx}	70.996	-44.812	-49.618	-30.373	95.807
		f''_{yy}	-38.213	-16.859	19.292	74.174	-12.394
		min/max	-	***max***	-		
		f(x,y)	104.02	181.62	178.337	67.719	13.312

Проведенные расчеты и визуальная проверка, рис. 1, ФХ и ее поверхности показывают, что аналитическое описание экстремумов будет иметь вид:

а) минимумы – 4 точки,
абсциссы которых являются корнями уравнения $x^4- 22x^2+x+114=0$,
а их ординаты находятся по выражению $y=11-x^2$;
б) максимум – 1 точка,
абсцисса ее корень уравнения $32x^5- 336x^3-104x^2+1=0$,
а ордината определяется как $y=(4x)^{-1}$.

Причем, из 5-ти возможных точек максимумов нужно выбрать ту, которая удовлетворяет одновременно условиям (5) по обоим координатам, а именно, согласно рис. 3

$$2y<21-6x^2 \quad \text{и} \quad 2x<13-6y^2.$$

Т.е. область максимума есть пересечение внутренних областей двух парабол. Остальные четыре точки возможных максимумов – не являются таковыми в виду нарушения одного или нескольких достаточных условий. Вершины области расположения максимума – криволинейного четырехугольника ABCD, рис. 5, найдутся из условий

$$\begin{cases} f''_{xx}=0 \\ f''_{yy}=0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y=0{,}5\left(21-6x^2\right) \\ x=0{,}5\left(13-6y^2\right) \end{cases} \Rightarrow 4x^4-28x^2+\frac{4}{27}x+49-\frac{26}{27}=0$$

Корни последнего полинома (абсциссы) и соответствующие им ординаты приведены в табл.5. Границы области ABCD обозначены на рис. 5 нанесенным белым пунктиром.

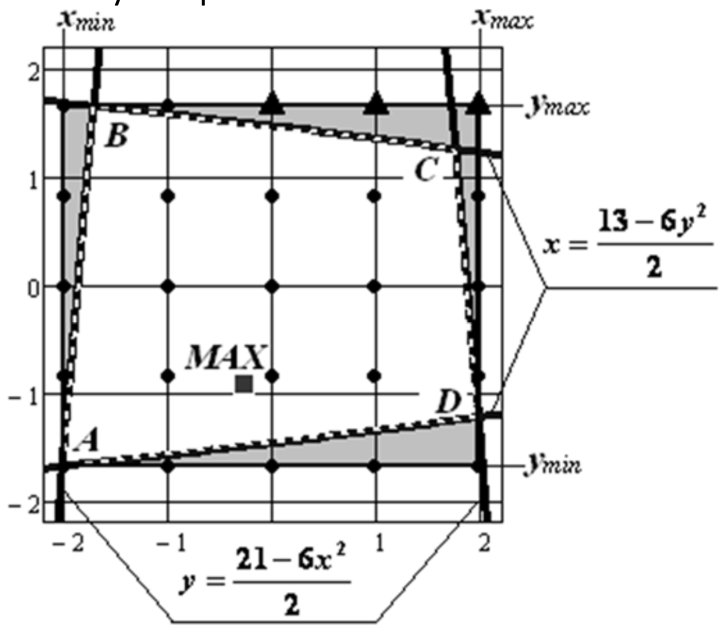

Рисунок 5 - Исследование зоны расположения максимума ФХ:

● - *вершины нанесенной равномерной сетки 5х5;*

▲ – *вершины, из которых максимум (обозначен ■) не был достигнут.*

Таблица 5 - Координаты вершин области максимума ФХ

Координата	1(A)	2(B)	3(C)	4(D)
$x_{1...4}$	-2,015	-1,717	1,755	1,977
$y_{1...4}$	-1,685	1,656	1,258	-1,228

Для упрощения дальнейшего описания этой области максимума и проведения сравнительных расчетов очертим вокруг ABCD прямоугольник, соответствующий максимальному и минимальному значениям (ячейки с серыми подложками в табл.5) координат вершин. Полученный прямоугольник будет превышать фигуру ABCD по площади – серая окантовка вокруг зоны максимума, рис. 5. Таким образом, выбор начальных точек поиска максимума будет произведен из области, взятой с некоторым запасом.

Заключение. Таким образом, полученное решение задачи аналитического поиска всех экстремумов ФХ для тестирования методов и последовательности действий решения оптимизационных задач (табл. 1), можно считать вполне инновационным. Это достигается за счет применения комплекса наиболее надежных средства поиска: предварительного зондирования пространства ОО; прямого метода оптимизации – симплексного метода Нелдера-Мида с взвешенными вершинами; возможной локализацией (разного типа) найденных экстремумов; использования переменных тактических приемов на всех этапах поиска. Применение указанных средств поиска для алгоритмов, прошедших тестирование на ФХ дает возможность эффективно получить полные наборы решений различных многокритериальных задач оптимизации. Предлагаемые действия должны в итоге дать в результате «лучший» глобальный экстремум и показать, что нужное решение оптимизационной задачи может быть достигнуто вопреки цитате из [5, с.138], приведенной на первой странице этой статьи.

Выводы.

- Предлагается последовательный комплекс алгоритмов для решения оптимизационных задач элементов прикладной механики и математики, касающихся горнорудного машиностроения и промышленности.
- Надежность и эффективность работы алгоритма достигается за счет проведения: предварительного зондирования пространства; изменения тактики поиска на подходе к экстремуму и при близком нахождении его от элемента поиска; «взвешивания» вершин элемента поиска; локализации найденных экстремумов.
- Для проверки и отладки работы всего комплекса, его элементов и задач использовалась одна из наиболее распространенных тестируемых функций ФХ.

- Определены аналитические выражения координат всех глобальных экстремумов ФХ: абсциссы находятся как корни уравнения IV степени (4 минимума) и нужный (лежащий в определенной области) корень уравнения V степени (1 максимум). Показано, что других экстремумов функция Химмельблау не имеет.
- Установлены и показаны границы областей размещения найденных экстремумов.
- Предлагается тестирующую функцию Химмельблау с установленными аналитически экстремумами использовать в дальнейшем при: выборе различных критериев останова счета по точности, объему исследуемого пространства, количества и вида сетки исходных точек; адаптации стратегии и тактики алгоритмов поиска; выборе алгоритма и вида областей локализации найденных экстремумов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трубицин М.Н. Преимущества использования метода Нелдера-Мида при планировании добычных работ в режиме усреднения минерального сырья / Вибрации в технике и технологиях, 1998, №3, С.80-81.
2. Симанович Г.А., Трубицин М.Н. Распределение внутренней загрузки барабанных мельниц как движение некоторого потока с горизонтальным (прямым) откатом / Вибрации в технике и технологиях, 2000, №(16), С.44-45.
3. Решение задачи управления запасами при наличии ограничений методами аналитической геометрии / Новицкий А.В., Таран И.А., Трубицин М.Н. // Сб. материалов международной конференции «Современные транспортные проблемы», Херсон, ГВУЗ ХНУ, 2015, - С. 98-102.
4. Целочисленная оптимизация параметров одноосных планетарных редукторов / И.Ю. Клименко, И.А. Таран, М.Н. Трубицин// Сб.материалов международной конференции «Форум горняков 2015», Днепропетровск, ГВУЗ НГУ, т.4, - С.136-148.
5. Шуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. М.: Мир, 1982, 235 с.
6. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М.: Мир, 1975, 534с.
7. Самородов Б.В. Математическое моделирование и параметрический синтез бесступенчатых трансмиссий колесных тракторов. – Дисс. канд. техн. наук, 01.05.02. «Математическое моделирование и вычислительные методы», Х., 2007, НТУ «ХПИ», 209 с.
8. Конвай А.К., Кононова Е.Г., Трубицин М.Н. Симплексный метод Нелдера-Мида – модификации, усовершенствование, использование /ДГИ.- Днепропетровск, 1987.- 79с.- Рус.- Деп. В УкрНИИНТИ 15.01.87, № 392-Ук-87.
9. Решение задач поиска рациональных параметров трансмиссий шахтных дизелевозов методами прямой оптимизации / И.Ю. Клименко, И.А. Таран, М.Н. Трубицин// Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Проблемы механического привода.- Х.: НТУ «ХПИ», 2015.- №31(1124).-С.129-139.

10. Учебно-методическое пособие по курсу «Математические модели в транспортных системах» Конспект лекций/Составитель: Сердюкевич В.Н., Минск: БНТУ, 2009, 186 с.

УДК 378:004

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

Т.А. Федотова
кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления национальным хозяйством, Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: feduy@ukr.net

Аннотация. Доведена необходимость подготовки кадров для горной промышленности с углубленным изучением информационных технологий. Рассмотрены некоторые положения стратегии подготовки специалистов. Определены компетентности и качества специалиста для горной промышленности и транспорта, владеющего знаниями по информатике и информационным технологиям.

Ключевые слова: *информационные технологии, горная промышленность, инженерные кадры, подготовка специалистов, образовательная стратегия.*

INFORMATION TECHNOLOGY IN EDUCATION STRATEGY FOR TRAINING ENGINEERS

Tatyana Fedotova
Ph.D., associate Professor, Department of Economics and Management of the National economy, Dnepropetrovsk national University O. Gonchar, Dnepropetrovsk, Ukraine, E-mail: feduy@ukr.net

Abstract. Brought the need for training for the mining industry with in-depth study of information technology. Discusses some provisions of the strategy of specialists training. Defined competence and quality of a specialist for mining and transport, having knowledge in computer science and information technology.

Keywords: *information technology, mining, engineering staff, training of specialists, education strategy.*

Введение. В контексте мировых тенденций превращения основных индустриальных экономических систем в экономики, базирующиеся на информации, знание и информация должны стать ключевыми компонентами общественно-экономического пространства, формируя индустрию информационных систем и знаний.