

ational and qualification levels in accordance with the Law of Ukraine "About Higher Education". We suggest to give the degree of 'bachelor' features of technical kind of professional activities on a specific specialization that will contribute to consistency of requirements of production and education systems concerning definition of education and qualification levels. For the control objectification we propose to use the assessment system that includes an integrated assessment of all students' educational activities results using the weighted average score.

Originality. The conception that generalizes and develops the national achievements in the field of higher education standardization has been created. For the first time it has been offered to introduce the levels of profes-

sional activity of specialists with higher education in the structure of integral descriptors of the National Qualifications Framework. For the first time it has been offered to use specialists' competences as information base for forming of diagnostic means.

Practical value. Creation of new generation of higher education standards.

Keywords: *educational standards, professional standards, qualified approach, National Qualifications Framework*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук П.І. Піловим. Дата надходження рукопису 06.02.12.

УДК 519.8

К.В. Литвиненко

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ОБОБЩЕННОГО ГРАДИЕНТА И ПРИНЦИПА СИММЕТРИИ

K.V. Litvinenko

State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnipropetrovsk, Ukraine

OPTIMIZATION PROBLEM SOLVING BY MEANS OF GENERALIZED GRADIENT METHOD AND SYMMETRY PRINCIPLE

Существующие математические методы оптимизации практических задач достаточно развиты и позволяют решать многие задачи проектирования, прогнозирования, планирования и управления. Однако большинство реальных задач не может быть адекватно описано в рамках линейных моделей, что и отражает скромные успехи линейного программирования в технических приложениях. Нелинейные задачи, в естественной постановке, описываются выпуклыми, вогнутыми функциями и выпуклыми областями допустимых управляющих параметров. Для задач с нелинейными целевыми функциями и ограничениями активный поиск эффективных стратегий поиска с широкой областью применения продолжается.

Цель. Разработка синтезированного алгоритма поиска экстремума целевой функции при нелинейных ограничениях со свойствами глобальной сходимости.

Методика. Теоретические исследования базируются на основных положениях теории нелинейного программирования и теории оптимизации.

Результаты. В данной работе исследована задача построения метода поиска экстремума нелинейной функции, при нелинейных ограничениях, как синтезированной процедуры на основе принципа симметрии и обобщенного градиента. Для решения задачи минимизации, исходная нелинейная функция и ограничение преобразуются последовательно во вспомогательную симметрическую функцию методами модификации алгоритма Вульфа и К-преобразованием. Построенная вспомогательная функция может быть как унимодальной, так и мультимодальной. В дальнейшем к вспомогательной функции применяется двухшаговый метод „тяжелого шарика“ с целью лучшего использования информации, полученной на предыдущей итерации. Данная процедура позволяет не исключать переменные из исходной задачи, что является важным для задач с существенно нелинейными ограничениями. Сходимость метода и работа синтезированного алгоритма протестирована на задаче с использованием MathCAD.

Научная новизна. Предложена эффективная процедура поиска экстремума нелинейной целевой функции при нелинейных ограничениях для решения задачи оптимизации, обладающая свойствами глобальной сходимости.

Практическая значимость. Представленный алгоритм решения задачи глобальной оптимизации может быть использован для решения широкого класса практических задач оптимизации.

Ключевые слова: *оптимизация, нелинейное программирование, параллельное пространство, тяжелый шарик*

Введение. Большинство практических задач имеют несколько решений. Целью оптимизации является

нахождение наилучшего решения среди многих потенциально возможных в соответствии с некоторым критерием эффективности. В нелинейном программировании был предложен ряд стратегий поиска экстре-

му, но применение нашли лишь некоторые алгоритмы. Оптимизация может быть осуществлена с помощью разных подходов в численных математических процедурах. Но в большинстве своем область применения созданных процедур весьма ограничена, особенно в задачах глобальной оптимизации.

Цель работы. В данной работе рассматривается задача построения синтезированной процедуры минимизации приведенного градиента в параллельном пространстве [1].

Основная часть. Метод приведенного градиента Вульфа основан на уменьшении размерности исходной задачи минимизации функции путем представления множества всех переменных через подмножество независимых переменных при линейных ограничениях [2]. Абади и Карпентер распространили метод на случай нелинейных ограничений.

Оптимизационная задача имеет вид

$$\begin{aligned} f(x) \rightarrow \min; & \quad (1) \\ h_i(x) = 0; \quad i=1, \dots, m; \\ L_j \leq x_j \leq U_j; \quad j=1, \dots, n, \end{aligned}$$

где $f(x)$ – целевая функция задачи оптимизации; $h_i(x)$ – ограничение в виде равенства.

Так как ограничения в виде равенств оптимизационной задачи (1) отражают связи между переменными в неявном виде, то непосредственное сокращение размерности практически невозможно. Это особенно существенно для нелинейных ограничений.

При этом переменные образуют две системы: A – подмножество m -зависимых переменных; B – подмножество $(n-m)$ -независимых переменных.

Переменные подмножества A неявным образом определяются через элементы подмножества B , и $f(x)$ – есть функция $(n-m)$ переменных.

Обозначая соответствующие матрицы

$$\nabla_{x_A} \dot{\phi} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(x)}{\partial x_1} & \dots & \frac{\partial f(x)}{\partial x_m} \end{bmatrix};$$

$$\nabla_{x_B} \dot{\phi} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(x)}{\partial x_{m+1}} & \dots & \frac{\partial f(x)}{\partial x_n} \end{bmatrix};$$

$$\frac{df(x)}{dx_B} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(x)}{\partial x_{m+1}} & \dots & \frac{\partial f(x)}{\partial x_n} \end{bmatrix} - \text{матрица приведенного}$$

градиента; $\frac{\partial h}{\partial x}$ – якобианы ограничений для под-

множеств A и B получают обобщенный приведенный градиент в виде

$$\frac{df(x)}{dx_B} = \nabla_{x_B}^T f + \nabla_{x_A}^T f \frac{dx_A}{dx_B}, \quad (2)$$

с учетом

$$\frac{dx_A}{dx_B} = - \left(\frac{\partial h}{\partial x_A} \right)^{-1} \left(\frac{\partial h}{\partial x_B} \right),$$

получаем

$$\frac{df(x)}{dx_B} = \nabla_{x_D}^T f - \nabla_{x_A}^T f \left(\frac{\partial h}{\partial x_A} \right)^{-1} \left(\frac{\partial h}{\partial x_B} \right). \quad (3)$$

Сведение задачи (1) к виду (3) дает возможность использовать обобщенный градиент как критерий оптимальности. Применение к функции (3) стандартных алгоритмов наискорейшего спуска позволяет, в большинстве случаев, находить локальные экстремумы. Глобальная оптимизация требует применения специальных процедур.

В работах [3-5] для моделирования экстремальных задач в пространстве параллельных направлений строится вспомогательная симметрическая функция векторного аргумента, минимизация которой имеет то же решение, что и исходная оптимизационная задача. Данный подход позволяет находить не только локальные, но и глобальные экстремумы функции. Поиск глобального экстремума желателен не только в связи с тем, что это наилучшее возможное решение, но также и потому, что локальный экстремум может приводить к неправильным оценкам результатов расчетов по определению влияния переменных математической модели.

Осуществим преобразование Корсуна (К-преобразование) [1]. Для этого вспомогательная симметрическая сопряженно-ориентированная выпуклая функция с векторным аргументом $f(X)$ представляется в виде

$$F(x) = 0,5 \left[(x-x)^T \cdot Q \cdot (x-x) + f(x) + f(x) \right], \quad (4)$$

где Q – положительно определенная симметричная матрица.

Осуществляя замену в равенстве (4) векторов X на векторы a и b соответственно, получим вспомогательную функцию двух векторных аргументов для сближающихся точек a и b

$$F(a, b) = 0,5 \left[(a-b)^T \cdot Q \cdot (a-b) + f(a) + f(b) \right]. \quad (5)$$

Для функции (5) экстремум достигается при условии $\dot{a} = \dot{a} = x^*$, где x^* – значение векторного аргумента, при котором функция $f(x)$ принимает экстремальное значение.

Формальный метод поиска, реализующий движение „тяжелого шарика“ по гиперповерхности, определяемой целевой функцией, более приспособлен к решению поиска экстремума мультимодальной задачи, чем градиентный и другие локальные методы, и описывается уравнением

$$\mu \frac{d^2 x(t)}{dt^2} = -\nabla f(x(t)) - p \frac{dx(t)}{dt}. \quad (6)$$

Объединив процедуры (3), (5) и (6) в единый алгоритм, можно получить эффективный синтезированный метод поиска глобального экстремума функции.

Оценку эффективности алгоритма проведем на тестовой задаче из [2]

$$f(x) = x_2 \sin x_2 - 4x_1 \rightarrow \min;$$

$$h(x) = x_2 \sin x_2 - x_1^3 - x_1 = 0.$$

Функция оптимизации и ограничение в виде равенства имеют сложный характер поверхности (волнообразность). По формуле (3) получаем функцию для безусловной оптимизации

$$\frac{df(x)}{dx_2} = (1 - \frac{4}{3x_1^2})(\sin x_2 + x_2 \cos x_2) \rightarrow \min. \quad (7)$$

По правилу (5) для функции (7) строим вспомогательную симметрическую функцию векторных аргументов

$$F(a_n, b_n) = 0,5 \left[q_1(a_1 - b_1)^2 + q_2(a_2 - b_2)^2 + \left(1 - \frac{4}{3a_1^2}\right) \times \right. \\ \left. \times (\sin a_2 + a_2 \cos a_2) + \left(1 - \frac{4}{3b_1^2}\right) (\sin b_2 + b_2 \cos b_2) \right]. \quad (8)$$

Моделирование процесса поиска экстремума функции (8) для алгоритма (6) с массами $m = 5$, параметром демпфирования $q_n = 1$, представлено на рисунке. Численные значения окончания процесса сближения изображающих точек представлены в таблице.

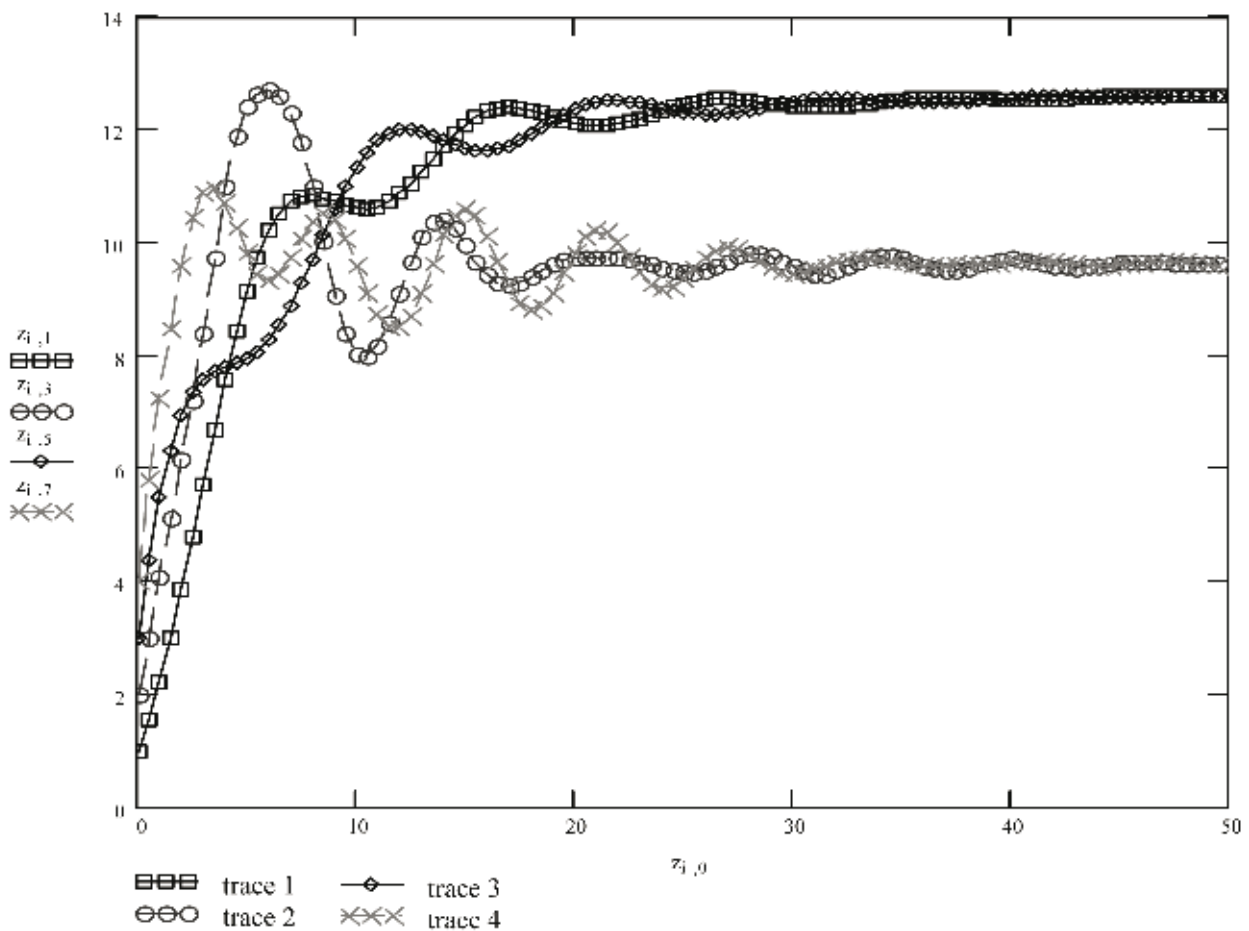


Рис. Моделирование процесса поиска экстремума функции (8)

Таблица

$z_{i,1} =$

12.597
12.606
12.612
12.617
12.62
12.621

$z_{i,3} =$

9.648
9.632
9.618
9.61
9.608
9.611

$z_{i,5} =$

12.585
12.59
12.597
12.604
12.612
12.62

$z_{i,7} =$

9.663
9.661
9.651
9.636
9.619
9.606

Процесс сближения пар изображающих динамических точек асимптотически устойчив также при других условиях и дает возможность найти экстремум функции. Специальный вид вспомогательной функции (5) усиливает инерциальные свойства метода (6) в преодолении неровностей и локальных экстремумов, обладая, таким образом, ярко выраженным свойством глобальной сходимости. Ограничения в виде неравенств могут быть введены в задачу в виде ограничений - равенств методом неотрицательных ослабляющих переменных.

Выводы. Предложенный алгоритм поиска экстремума функции в пространстве параллельных направлений дает возможность найти или значительно приблизиться к точке экстремума нелинейной функции при наличии нелинейных ограничений в виде равенств. Алгоритм проявляет хорошую асимптотическую сходимость на функциях, которые не являются унимодальными и имеют сложный характер рельефа поверхности. Для тех случаев, когда каждое вычисление функции является дорогостоящим, или сложным, такой подход является целиком оправданным.

Список литературы / References

1. Корсун В.И. Использование симметрии для распараллеливания процесса поиска экстремума целевой функции в задачах оптимального проектирования и адаптивной идентификации / Корсун В.И. // Мат. модели и современные инф. технологии. Сб. науч. Тр. НАН Украины. Ин-т математики. – К., 1998. – С. 66–68.
Korsun, V.I. (1998), "Use of symmetry for paralleling of the criterion function extremes determining process in problems of optimum designing and adaptive identification", *Math. Models and modern inf. technologies. Collect. of sci. papers NAS Ukraine. Mathematics Institution*, pp. 66–68.
2. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование [Электронный ресурс] / Химмельблау Д. – Режим доступа: [www/http/twirpx.com/file/6966/](http://twirpx.com/file/6966/)
Himmelblau, D.M. *Prikladnoe nelinejnoe programirovanie* [Applied nonlinear programming] available at: [www/http/twirpx.com/file/6966/](http://twirpx.com/file/6966/).
3. Корсун В.И. Исследование алгоритма поиска экстремума целевой функции, основанного на применении концепции симметрии и параллельного пространства / Корсун В.И., Демиденко М.А. – Днепропетровск: Науковий вісник НГУ, 2000. – №2. – С. 101–104.
Korsun, V.I. and Demidenko, M.A. (2000), "Research of algorithm of the criterion function extremes determining on the base of application of the concept of symmetry and parallel space", *Naukovyi visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, no.2, pp. 101–104.
4. Корсун В.И. Параллельное пространство сопряженных направлений и экстремальные свойства функций / Корсун В.И., Литвиненко К.В. // Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 4. – т.50. – С. 90–97.
Korsun, V.I. and Litvinenko, K.V. (2011), "Parallel space of the conjugated directions and extreme properties of functions", *Collection of sci. papers of MSATU*, no.50, pp. 90–97.
5. Литвиненко К.В. Метод двойного штрафа в задачах оптимизации / Литвиненко К.В. // Наукові вісті. Сучасні проблеми металургії. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2011. – Вип.14. – С. 32–38.
Litvinenko, K.V. "Method of the double penalty in optimisation problems", *Naukovi visti. Suchasni problemi metalurgii*, no.14, pp. 32–38.

Існуючі математичні методи оптимізації практичних задач розвинені та дозволяють розв'язувати багато задач проектування, прогнозування, планування та керування. Однак більшість реальних задач не можуть бути адекватно описані в рамках лінійних моделей, що й відображено у скромних успіхах лінійного програмування в технічних застосуваннях. Нелінійні задачі, у природній постановці, описуються випуклими, увігнутими функціями та випуклими областями допустимих керуючих параметрів. Для задач з нелінійними цільовими функціями та обмеженнями активний пошук ефективних стратегій пошуку з широкою областю застосування продовжується.

Мета. Розробка синтезованого алгоритму пошуку екстремуму цільової функції при нелінійних обмеженнях із властивостями глобальної збіжності.

Методика. Теоретичні дослідження базуються на основних положеннях теорії нелінійного програмування та теорії оптимізації.

Результати. У даній роботі досліджено задачу побудови методу пошуку екстремуму нелінійної функції при нелінійних обмеженнях, як синтезованої процедури на базі принципу симетрії та узагальненого градієнта. Для розв'язку задачі мінімізації, початкова нелінійна функція та обмеження перетворюються послідовно в допоміжну симетричну функцію методами модифікованого алгоритму Вульфа та К-перетворенням. Побудована допоміжна функція може бути як унімодальною, так і мультимодальною. У подальшому до допоміжної функції застосовується двокроковий метод „важкої кульки“ з метою кращого використання інформації, яку отримано на попередній ітерації. Дана процедура дозволяє не виключати змінні із початкової задачі, що є важливим для задач із суттєво нелійними обмеженнями. Збіжність методу та робота синтезованого алгоритму протестована на задачі з використанням MathCAD.

Наукова новизна. Запропоновано ефективну процедуру оптимізації, що має властивості глобальної збіжності.

Практична значимість. Представлений алгоритм може бути використаний для розв'язування широкого класу практичних задач оптимізації.

Ключові слова: оптимізація, нелінійне програмування, паралельний простір, важка кулька

Existing mathematical methods of optimisation of practical problems are developed enough for solving many problems of designing, forecasting, planning and management. However the majority of real problems cannot be adequately described within the limits of linear models, as reflects modest successes of linear programming in technical appendices. In natural statement, nonlinear problems

are described by convex, concave functions and convex areas of admissible operating parameters. The active search of effective strategy with a wide scope for the problems with nonlinear criterion functions and restrictions proceeds.

Purpose. Creation of the synthesised algorithm of criterion function extreme determining at nonlinear restrictions with properties of global convergence.

Methodology. Theoretical researches are based on substantive provisions of the theory of nonlinear programming and the optimisation theory.

Findings. The problem of construction of the method of the nonlinear function extreme determining has been investigated, at nonlinear restrictions, as synthesised procedure on the basis of the symmetry principle and the generalised gradient. Initial nonlinear function and restriction will be transformed consistently to auxiliary symmetric function by methods of updating of algorithm of Woolf and K-transformation for the decision of a problem of minimisation. The constructed auxiliary function can be unimodal or multimodal. Further

to auxiliary function the two-step method of 'heavy ball' is applied for the purpose of the best use of the information received during the previous iteration. The given procedure allows us not to exclude variables from the initial problem that is important for problems with essentially nonlinear restrictions. The convergence of the method and the operability of the synthesised algorithm has been tested on a problem in MathCAD environment.

Originality. The effective procedure of nonlinear criterion function extreme determining at nonlinear restrictions for the decision of the optimisation problem, possessing properties of global convergence has been offered.

Practical value. The presented decision algorithm of the global optimization problem can be used for the decision of a wide range of practical problems of optimisation.

Keywords: *optimisation, nonlinear programming, parallel space, 'heavy ball'*

Рекомендовано до публікації докт. екон. наук В.І. Корсунюм. Дата надходження рукопису 19.07.12.

УДК 338.24

А.М. Мельников, канд. техн. наук, доц.,
О.В. Павленко

Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна,
e-mail olik_sylaeva@mail.ru

ДО ПИТАННЯ ВРАХУВАННЯ СПЕЦИФІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВУГІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ У ПРОЦЕСІ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЇХ РОЗВИТКУ

А.М. Melnykov, Cand. Sci. (Tech), Associate Professor,
O.V. Pavlenko

State Higher Educational Institution "National Mining University",
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: olik_sylaeva@mail.ru

ON THE ISSUE OF TAKING INTO ACCOUNT OF THE SPECIFIC FEATURES OF COAL ENTERPRISES IN THE STRATEGIC PLANNING OF THEIR DEVELOPMENT

Мета. Розробка класифікаційної структури специфічних факторів внутрішнього середовища вугільних підприємств на етапі стратегічного планування їх розвитку.

Методи. Основною методикою дослідження є системно-логічний аналіз впливу природно-галузевих факторів внутрішнього середовища вугільного підприємства на процес стратегічного планування його розвитку.

Результати. Обґрунтована необхідність урахування галузевої специфіки функціонування підприємства в процесі стратегічного планування його розвитку та врахування специфічних умов функціонування вугільних підприємств; удосконалено понятійний апарат факторного аналізу внутрішнього середовища вугільного підприємства; проведена систематизація та вперше розроблена класифікація факторів впливу внутрішнього середовища вугільного підприємства на процес стратегічного планування його розвитку.

Наукова новизна. Полягає в доказі необхідності розвитку та поглиблення адаптації інструментів та методик стратегічного планування розвитку вугільних підприємств у відповідності до їх специфічних характеристик, розробці класифікації специфічних факторів впливу внутрішнього середовища вугільних підприємств на процес стратегічного планування їх розвитку.

Практична значимість. Виявляється в можливості використання даних результатів дослідження при складанні планів перспективного розвитку вугледобувних підприємств та формулюванні їх стратегії розвитку.

Ключові слова: *стратегія розвитку, процес стратегічного планування, специфічні фактори впливу, специфіка внутрішнього середовища, природно-галузеві особливості, видобуток вугілля*

Постановка проблеми. Аналіз статистичних даних та існуючих тенденцій в енергетичній сфері по-

казує, що домінуючим енергоресурсом у паливно-енергетичному балансі країни є природний газ (приблизно 45%), який, здебільшого, є імпортованим від одного постачальника, а саме Росії. Така залежність