

ГЕОМЕТРИЧНО МОДЕЛИРАНЕ ПРИ ОПТИМИЗИРАНЕ НА ПАРАМЕТРИ НА ЧЕЛЮСТНИТЕ ТРОШАЧКИ

Юлиян Димитров¹, Кристиан Цветков²

¹ Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", катедра Математика, 1700 София, juldim@abv.bg

² Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", катедра Механизация на мините, 1700 София, khc@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. В статията се прилага един ефективен метод за изследване и проектиране на технически обекти, който съчетава аналитичното моделиране с графичната интерпретация. Графичното моделиране се осъществява със средствата на многомерната дескриптивна геометрия. Построява се съответна хиперповърхнина в конфигурационното пространство на параметрите. Приложението на метода може да се автоматизира чрез графична компютърна програма за получаване на графични дескриптивни решения и съответни числени резултати.

GEOMETRIC MODELLING AT OPTIMIZATION OF JAW CRUSHERS PARAMETERS

Julian Dimitrov¹, Kristian Cvetkov²

¹ University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Department of Mathematics, 1700 Sofia, juldim@abv.bg

² University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Department of Mining Mechanization, 1700 Sofia, khc@mgu.bg

ABSTRACT. In the article applies an effective method to study and design of technical objects that combines analytical modeling with graphical interpretation. Graphical modeling is performed by means of multidimensional descriptive geometry. An appropriate hypersurface in the parameters configuration space is built. Application of the method can be automated by a computer graphics program for the graphic descriptive decision and corresponding numerical results.

Keywords: jaw crushers, multidimensional descriptive geometry, descriptive graphic solutions

Увод

Решаването на сложни технически задачи изисква системен подход при създаване на най-подходящ модел. Съвременните методи за обработка на информацията не могат да решат този въпрос. Самоцелното им прилагане води до емпирични резултати и то само в случаите, когато изследователят е успял да създаде модел и този модел се е оказал подходящ. Тези проблеми възникват при задачите за определяне на оптимални условия за осъществяване на технологичните процеси. Характеризират се с голям брой определящи фактори и количествени връзки между параметрите. Прилаганите математически модели на многофакторни процеси водят до сложни аналитични изрази или алгоритми и са с голям обем на изчислителните операции. Това по принцип не е проблем при съвременните информационни технологии. Основен проблем за преодоляване от изследователя е съставянето на подходящ модел, откриването на количествени връзки между параметрите и планирането на успешен числен експеримент. По същество това е задача за проектиране – инженерна дейност, която се основава на средствата на инженерната геометрия. По същата причина, поради която инженерите ползват графични проекти, е и необходимостта от такива при моделиране на процесите.

Геометричният подход при моделирането създава условие за интерпретация на количествените връзки между техническите параметри (Волков, 1983). Визуализира се конструктивната същност на алгоритмите за оптимизация, а също условията и степента на изпълнение на поставени технологични задачи.

Моделиране със средствата на многомерна дескриптивна геометрия

Обекти на геометричното моделиране

Основно средство за моделиране при решаването на технически задачи е функционалният анализ на непрекъснатите и диференцируеми функции. Моделите се състоят от технически параметри, включени във функционални зависимости, графиките на които могат да се интерпретират като геометрични обекти.

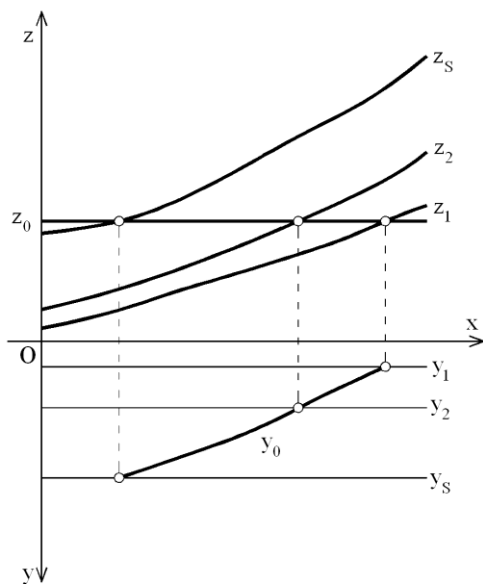
От гледна точка на инженерното графично моделиране геометричните обекти са точка, права, равнина, крива линия и повърхнина, разгледани в тримерно или двумерно евклидово пространство. За целите, които си поставяме, правим обобщение, като разглеждаме и k -мерна хиперповърхнина в n -мерно евклидово пространство, описана с уравнения:

$$\begin{aligned}
 y_1 &= f_1(x_1, x_2, \dots, x_k) \\
 y_2 &= f_2(x_1, x_2, \dots, x_k) \\
 &\dots \\
 y_n &= f_m(x_1, x_2, \dots, x_k)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Тук x_1, x_2, \dots, x_k са независими променливи, които представляват входните параметри на модела, а параметрите, представени с y_1, y_2, \dots, y_n са изходни параметри или фактори, които се отчитат при решаването на технологичната задача.

Комплексен дескриптивен чертеж

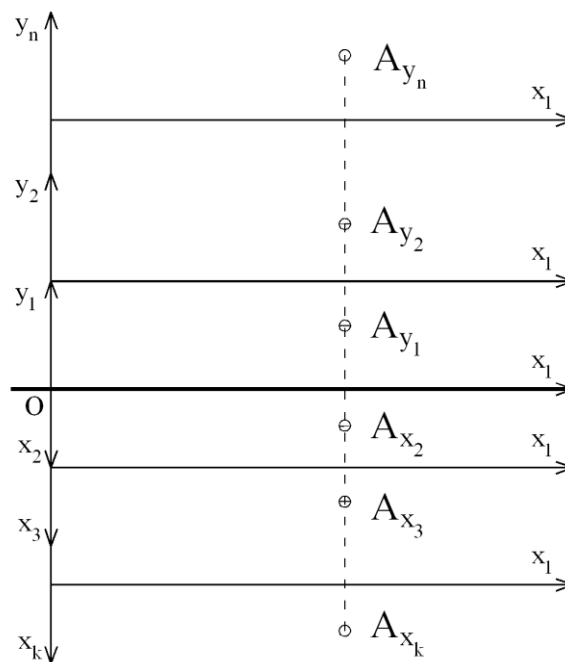
На фиг. 1 е представен чертеж в монжова проекция на повърхнината, представляваща графиката на функцията $z = f(x, y)$. Тук x и y са входни параметри, а z - изходен параметър. Променливата x е представена от оста x , а в първата проекционна равнина π_1 са изобразени няколко успоредни линии y_1, y_2, \dots, y_s представящи параметъра y в отделни моделни стойности. Това представяне на y е съобразено с допустимата грешка на този параметър. За всяка отсечка y_i от π_1 е построена графиката z_i на линия, която има аналитично описание $z = f(x, y_i)$. Получените линии $\{z_i : z = f(x, y_i), i = 1 \div s\}$ представляват скелета на графиката на функционалната зависимост $z = f(x, y)$



Фиг. 1. Скелет на повърхнина изобразена в монжова проекция

Когато се изобразява хиперповърхнина с размерност k в n - мерно евклидово пространство ($k + n > 3$), конструираме комплексен дескриптивен чертеж (Schoute, 1902; Филиппов, 1979; Volkov et al., 2013). При него входните параметри x_1, x_2, \dots, x_k се представят с хоризонтални оси за x_1 и оси, насочени вертикално надолу - за x_2, \dots, x_k . Изходните параметри

y_1, y_2, \dots, y_n се представят с оси, насочени перпендикулярно нагоре (Фиг. 2).



Фиг. 2. Изобразена точка $A(x_1, x_2, \dots, x_k, y_1, y_2, \dots, y_n)$ в комплексен дескриптивен чертеж

Задача за определяне ефективността на работа на челюстна трошачка

Основни технологични параметри

Изследва се ефективността на работа на челюстна трошачка система Блек при различни по размери постъпващи за трошене късове и размери на разтрошения продукт (Цветков, 1988; Цветков, 2007):

$D_t = 0.73 \div 1.25 \text{ m}$ - условен максимален размер на постъпващите късове и

$d_t = 0.2 \div 0.4 \text{ m}$ - условен максимален размер на разтрошения продукт.

Изследването се провежда в зависимост от основни технологични показатели на трошачката. Поради връзката $d_t = 1.2b$ на параметъра d_t с ширината на изпускателния отвор b , то приемаме, че d_t е зададено с 20% относителна грешка. Достатъчно е да разгледаме този параметър само за моделните стойности 0.2, 0.24, 0.28, 0.32, 0.36 и 0.4.

Факторите, които подлежат на изследване са:

1. Степен на трошене

$$i_{o\bar{o}} = \frac{D_t}{d_t} \tag{2}$$

2. Теоретична мощност на двигателя

$$N_{Tp} = \frac{k_{cm} Q w_0}{100 \eta_M} \left(\frac{1}{\sqrt{d_t}} - \frac{1}{\sqrt{D_t}} \right) kW \tag{3}$$

3. Ефективност на трошене

$$E = \frac{100\eta_M}{\rho w_0} \cdot \frac{D_t \sqrt{d_t} - d_t \sqrt{D_t}}{D_t - d_t} t / kW \cdot h \quad (4)$$

където:

$k_{cm} = 0.75$ - коефициент на стадия на трошене;

$Q t / h$ - масова производителност. Получава се по

$$\text{формулата } Q = \rho Q_V = \frac{k_1 k_p s L z \rho}{2 \operatorname{tg} \alpha} (2b + s);$$

$w_0 = 18.8 \text{ kWh} / t$ - специфична енергопоглъщаемост по Бонд;

$\eta_M = 0.75$ - механичен коефициент на полезно действие на трошачката;

$\rho = 2.7 \text{ t} / m^3$ - плътност на разтрошавания материал;

$Q_V \text{ m}^3 / h$ - обемна производителност;

$k_1 = 1$ - коефициент, отчитащ влиянието на съпротивителните сили върху движението на материала при разтоварване;

$k_p = 0.66$ - коефициент на разбухване на материала;

$s = 36 \text{ mm}$ - ход на подвижната челюст;

$L = 1.8 \text{ m}$ - дължина на приемния отвор;

$z = 2.67 \text{ s}^{-1}$ - честота на трептене на подвижната челюст;

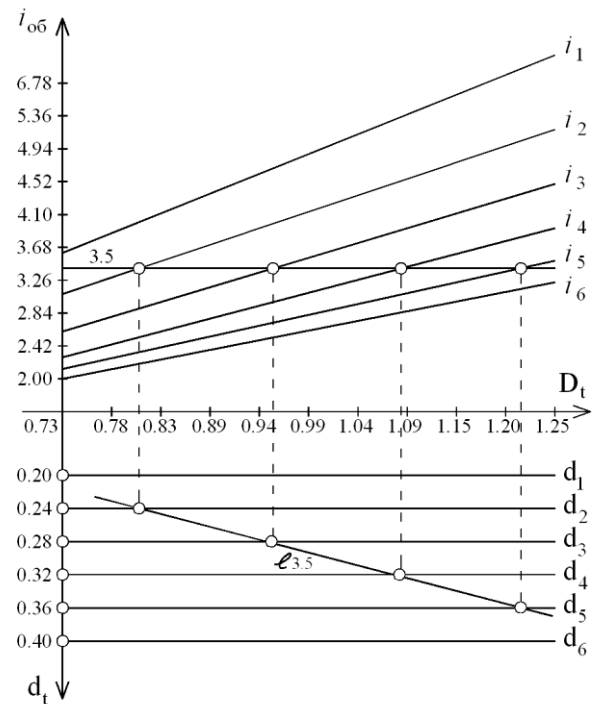
$b = d_t$ - ширината на изпускателния отвор приемаме равна на максималния размер на разтрошения продукт;

$\alpha = 23^\circ$ - ъгъл на захващане на материала.

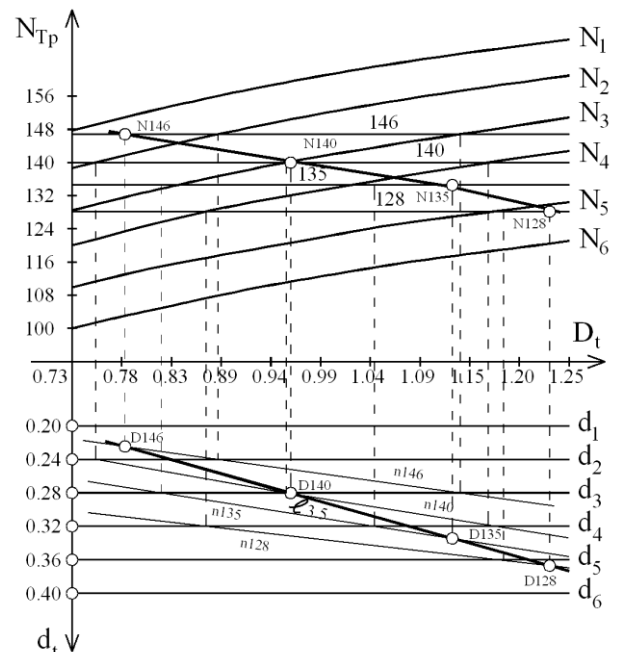
Комплексен дескриптивен чертеж за параметри на челюстната трошачка

Входните параметри на модела са D_t и d_t , а изходните i_{ob} , N_{Tp} и E . Параметърът D_t е представен в интервала $[0.73 \text{ m} \div 1.25 \text{ m}]$. Параметърът d_t е разгледан в интервал $[0.2 \text{ m} \div 0.4 \text{ m}]$ и е с 20% допустима грешка. Поради допустимата му относителна грешка 20% параметъра d_t може да се представи със скелет от 6 хоризонтални линии $d_1 \div d_6$ в проекционната равнина (D_t, d_t) .

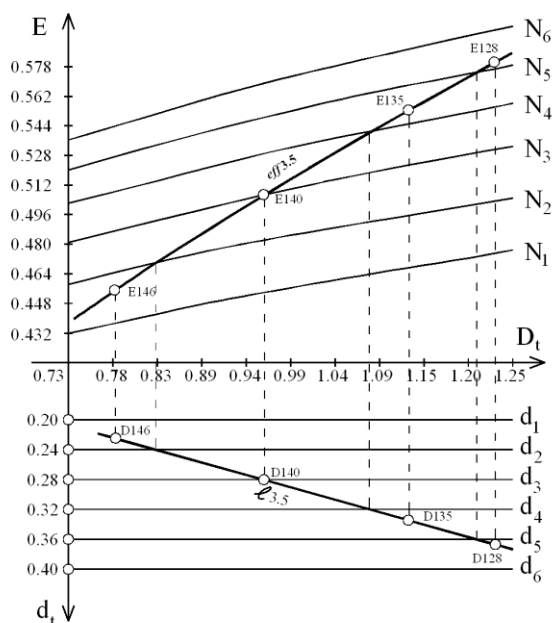
В проекционните равнини на изходните параметри (d_t, i_{ob}) , (d_t, N_{Tp}) и (d_t, E) съответните повърхнини са представени всяка със скелет от линии. Съответните проекционни системи (D_t, d_t, i_{ob}) , (D_t, d_t, N_{Tp}) са представени на Фиг. 3, Фиг. 4 и Фиг. 5.



Фиг. 3. Проекционна система (D_t, d_t, i_{ob})



Фиг. 4. Проекционна система (D_t, d_t, N_{Tp})



Фиг. 5. Проекционна система (D_t, d_t, E)

Решение на поставената задача

В направените изследвания сме фиксирали степента на трошене $i_{об} = 3.5$ в проекционната равнина на параметъра $i_{об}$ и са получени сеченията с линиите от скелета на $i_{об}$ (Фиг. 3). След това в проекционната (D_t, d_t) е построена линия, съответна на нивото $i_{об} = 3.5$ означена с $l_{3.5}$ на чертежа.

В проекционната равнина на параметъра N_{Tp} са избрани няколко линии на ниво $128 kW$, $135 kW$, $140 kW$ и $146 kW$ (Фиг. 4). Получени са сеченията с линии от скелета на графиката на N_{Tp} . Съответните на линиите на ниво в равнината (D_t, d_t) са означени с $n 128$, $n 135$, $n 140$ и $n 146$. След това са получени съответните сечения с линията $l_{3.5}$ в точките $D 128$, $D 135$, $D 140$ и $D 146$. Тези точки представляват стойности за входните параметри D_t и d_t , съответни на избраните мощности на двигателя.

На комплексния дескриптивен чертеж пренасяме точките $D 128$, $D 135$, $D 140$ и $D 146$ върху скелета на параметъра ефективност на трошачката E (Фиг. 5). В проекционната равнина (D_t, E) получаваме линия, означена с $eff 3.5$. Графиката на $eff 3.5$ е близка до права линия и представлява изменението на ефективността на трошене при различни условия максимални

размери на постъпващи късове и на разтрошен продукт при една и съща степен на трошене $i_{об} = 3.5$.

Изводи

За разгледания пример със степен на трошене $i_{об} = 3.5$ може да се направи изводът, че ефективността на трошене е оптимална при възможно най-голям размер на постъпващи късове и съответно на разтрошен продукт.

При използване на графична програма процедурата може да се изпълни за различни стойности на степента на трошене. Тогава в проекционната (D_t, E) ще се получи сноп от линии, представящи ефективността на трошене като функция $E = E(D_t, d_t, i_{об}(D_t, d_t))$.

Методите на многомерната дескриптивна геометрия се делят на три групи: първата група включва методи, при които се обобщава за многомерно пространство принципът за построяване на чертеж в модела на Монж; втората група методи включват проектирането на многомерното пространство върху двумерни проекционни равнини и третият тип методи се отнасят за конструиране в многомерното пространство на обекти от получени сечения в проекционните равнини.

Графичната форма на представяне на инженерните модели има съществени досойства – нагледност, бързо възприемане от човека и методи за експресно решаване на инженерните задачи.

Литература

- Волков, В. Я. *Теория параметризации и моделирования геометрических объектов многомерных пространств и ее приложения*, AP дис. д-ра техн. наук, М., 1983. – 27 с.;
- Филиппов П.В. *Начертательная геометрия многомерного пространства и ее приложения*. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1979. – 280с.;
- Цветков К. Х., *Видове конструкции и технологично пресмятане на челюстни и конусни трошачки*, 2007, София;
- Цветков Х. К., *Обогатителни машини*, Техника, 1988, С.
- Schoute P.H. *Mehrdimensionale Geometrie*. Т. I. – Leipzig, 1902. – 295 S.
- Volkov V., V. Yurkov, K. Panchuk, N. Kaygorodtseva, O. Ilyasova, K. Yakovenko *An Innovative Paradigm of Descriptive Geometry Courses // Journal for Geometry and Graphics*. – Volume 17 No.1, 2013, Lemgo, Germany, Heldermann Verlag – P. 119–128.

Статията е препоръчана за публикуване от кат. „Механизация на мините“.