ГОДИШНИК на Минно-геоложкия университет "Св. Иван Рилски", Том 56, Св.III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, 2013
ANNUAL of the University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Vol. 56, Part III, Mechanization, electrification and automation in mines, 2013

ПОВИШАВАНЕ НА БЪРЗОДЕЙСТВИЕТО НА СИСТЕМИТЕ ЗА ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ НА НАСИПООБРАЗУВАТЕЛИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА МАТЕМАТИЧНИ МОДЕЛИ

Здравко Илиев[1], Диана Ташева[2]

[1] *Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: iliev@mgu.bg*
[2] *Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски", 1700 София, E-mail: decheva@mgu.bg*

РЕЗЮМЕ. Зависимостите по които се определят параметрите на работните движения на насипообразувателите са относително сложни, съдържащи множество тригонометрични функции. Оценката им е свързана със значителни изчислителни и времеви загуби. С цел повишаване на бързодействието в системите за програмно управление на тези машини е предложен подход при който тези зависимости се заменят с регресионни модели. Изведени са модели, позволяващи определяне на основни параметри на работните движения. Доказана е тяхната приложимост.

MATHEMATICAL MODELS FOR INCREASE THE FAST RESPONSE OF PROGRAM CONTROL SYSTEMS OF SPREADERS

Zdravko Iliev[1], Diana Tasheva[2]

[1] *University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: iliev@mgu.bg*
[2] *University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, E-mail: decheva@mgu.bg*

ABSTRACT. The dependencies, which define the parameters of working movements of spreaders, are relatively complicated. These dependencies contain multiplicity of trigonometric functions. Their evaluation is related to significant losses of calculations and time. In order to increase the fast response of program control systems for these mashines is proposed an approach. The dependencies are replaced by regression models. Models are outputted and they allow determination of the main parameters of working movements. Their applicability has proved.

Въведение

При открития добив на полезни изкопаеми се разрушават големи площи от терена, под който е разположено находището. Това налага успоредно с напредване на минните работи да се осъществява рекултивация. Първият етап на техническата рекултивация (Атанасов 2007, Богданова, 2010) се състои във формиране на насипища. Качеството на насипищните работи в значителна степен определя обема, енергоемкостта и крайния резултат от следващите рекултивационни дейности.

Най-перспективното направление за подобряване на енергийните показатели и повишаване на качеството на формираните насипища е разработването на системи за автоматизация и програмно управление на насипообразувателите (Найденов, 2005). Те създават възможност за:

- лесна реализация на различни технологични схеми на насипване;
- увеличаване коефициента на запълване на насипа;
- намаляване обема на подравнителните работи;
- реализиране на селективно насипване с цел предотвратяване на самозапалване, осигуряване на устойчивост на насипа или следваща рекултивация;
- намаляване на специфичния разход на енергия.

Необходимост от повишаване на бързодействието при реализиране на изчислителните операции в системите за програмно управелние на насипообразуватели

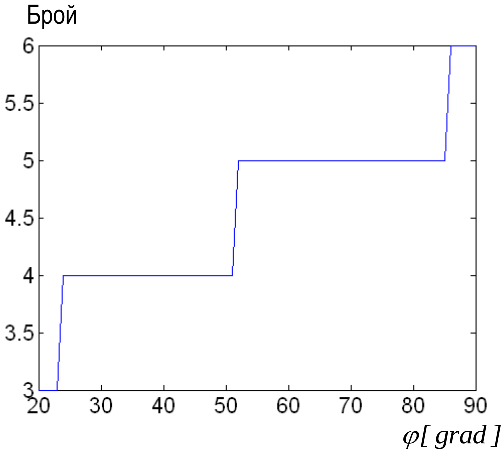
На системите за програмно управление се възлагат множество задачи: изчисляване на параметрите на работните движения; управление на основни механизми; диагностика; информационно осигуряване на манипуланта; комуникация с други компоненти на диспечерската система и др. В същото време бързодействието е от решаващо значение за качеството на управление.

Една от задачите, ангажираща значителен изчислителен и времеви ресурс, е изчисляването на параметрите на основните работни движения на насипообразувателя. Причината е, че аналитичните зависимости за тяхното определяне включват множество прави и обратни тригонометрични функции. Тяхното изчисляване се извършва чрез използване на разложение в степенни редове от вида:

$$sin(\varphi) = \varphi - \varphi^3 / 3! + \varphi^5 / 5! - \varphi^7 / 7! + \dots \quad (1)$$

$$cos(\varphi) = 1 - \varphi^2 / 2! + \varphi^4 / 4! - \varphi^6 / 6! + \dots \quad (2)$$

С цел изследване на обема изчислителни операции, необходими за оценка на стойностите на тригонометричните функции, беше разработена програма в средата на MATLAB (http://www.mathworks.com, Йорданов 2010), с която беше определен броя от членове от реда, които трябва да бъдат включени за изчисляване на тригонометричната функция синус с точност 0,001. Получените резултати са представени на фиг. 1.



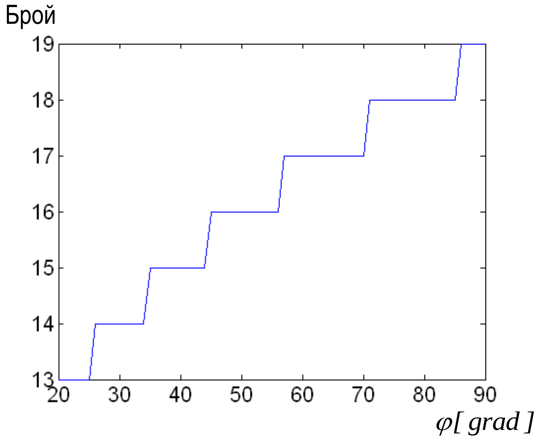
Фиг. 1. Брой членове от реда, необходими за изчисляване на тригонометричната функция синус с точност 0,001

Както се вижда, в зависимост от стойността на аргумента, при тази зададена точност, трябва да бъдат включени между 3 и 6 члена от реда. Обемът и видът на аритметичните операции, необходими за това са представени в Таблица 1.

Таблица 1. Брой и вид аритметични операции за изчисляване на тригонометрична функция синус с точност 0,001.

Брой			
съставни в реда	умножения	деления	сумирания
3	9	2	2
4	13	3	3
5	17	4	4
6	21	5	5

Много рядко програмните модули за изчисляване на тригонометричните функции се разработват от приложните програмисти. Обикновено те са част от системното програмно осигуряване. В този случай точността на изчисляването им се определя от типа на данните чрез който е представен аргумента. Не е предвиден механизъм за задаване на желана по-ниска точност. В резултат броят на членовете, които се включват в реда нараства значително. На фиг. 2 е представен брой членове от реда, необходими за изчисляване на тригонометричната функция синус при аргумент от тип float.



Фиг. 2. Брой членове от реда, необходими за изчисляване на тригонометричната функция синус с вградена функция при аргумент от тип float

В случая за определяне на стойността на тази тригонометрична функция при изменение на аргумента между 20 и 90 градуса са необходими между 45 и 65 операции умножение и между 12 и 18 операции деление.

Един възможен подход за намаляване обема на изчислителните операции, а следователно и за повишаване на бързодействието, е замяната на аналитичните модели или поне на редовете за изчисляване на тригонометричните функции в тях с регресионни модели. Оценката на коефициентите в тези модели се извършва по метода на най-малките квадрати (Гарипов, 2004).

Регресионни модели, позволяващи повишаване на бързодействието при оценка на параметри на работните движения на насипообразуватели

Когато аналитичният модел за определяне на даден параметър на работните движения е функция от малък брой променливи и е относително прост, е целесъобразно да се търси регресионен модел, описващ цялата зависимост. Такъв е случаят с ъгъла на начално позициониране на насипващата стрела при долно насипване и схема на работа с движение на главна и междинна части по стар насип, изграден от предидуща заходка - $\delta_{н1}$. Аналитичната зависимост за определяне на стойността му има вида:

$$\delta_{н1} = \arcsin \frac{b_1}{L_c \cos E_Д + S}, \qquad (3)$$

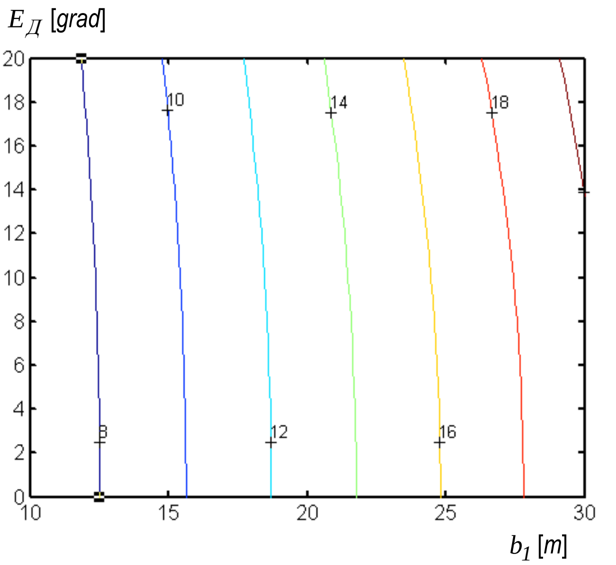
където: b_1 е разстоянието от оста на движение на насипообразувателя до външния горен ръб на предидущата заходка, m;

L_c - разстоянието от оста на въртене на главна (насипна) част на насипообразувателя до върха на насипищната стрела, m;

$E_Д$ - ъгълът на наклон на насипищна стрела, grad;

S - разстоянието на изхвърляне на насипвания материал.

На фиг. 3 са представени линиите на еднакво ниво, представящи стойностите на $\delta_{н1}$ при изменение на b_1 в интервала от 10 до 30 m и на $E_Д$ между 0 и 20 grad.



Фиг. 3. Графично представяне на стойностите на $\delta_{н1}$ във функция от b_1 и $E_Д$

Видът на графиката показва, че е необходимо търсене на нелинеен регресионен модел с двойно взаимодействие и евентуално включване на квадритични членове.

За проверка на адекватността на намерените модели не може да бъде използван критерият на Фишер, тъй като липсва дисперсия на шума. Поради това като показатели за качествените им характеристики са използвани максималната абсолютна грешка Δ_{max} и остатъчната дисперсия $\hat{S}^2_{ост}$.

$$\Delta_{max} = max|y_i - \hat{y}_i| \quad , i = 1,..,N \qquad (4)$$

$$\hat{S}^2_{ост} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i - \hat{y}_i)^2}{N-k}, \qquad (5)$$

където: y_i е изчислената по аналитичната зависимост стойност на оценявания параметър; $\hat{y}_i$ - намерената по модела стойност на оценявания параметър; N - обемът на извадката ; k - броят на коефициенти в модела.

Чрез програма, разработена в средата на MATLAB, са намерени модели от непълна и пълна втора степен описващи $\delta_{н1}$ във функция от b_1 и $E_Д$. Техният вид и характеристики са представени в Таблица 2.

Таблица 2. Намерени модели за $\delta_{н1}$ и техни основни характеристики

№	Модел	$\hat{S}^2_{ост}$	Δ_{max}
1	$\delta_{н1} = -0{,}0165 + 0{,}604 b_1 - 0{,}0004 E_Д + 0{,}0039 b_1.E_Д$	0,0080	0,1995
2	$\delta_{н1} = 0{,}145 + 0{,}5942 b_1 - 0{,}0004 E_Д + 0{,}0039 b_1.E_Д + 0{,}0005 b_1^2$	0,0071	0,1685
3	$\delta_{н1} = 0{,}4022 + 0{,}6040 b_1 - 0{,}0465 E_Д + 0{,}0039 b_1.E_Д + 0{,}0012 E_Д^2$	0,0029	0,1265
4	$\delta_{н1} = 0{,}4332 + 0{,}5942 b_1 - 0{,}0465 E_Д + 0{,}0039 b_1.E_Д + 0{,}0012 E_Д^2 + 0{,}0005 b_1^2$	0,0020	0,0955

Получените резултати позволяват да се направят следните изводи:

- четирите модела имат много добри интерпретиращи свойства;
- използването на модел №1 изисква само 5 операции умножение и 3 сумиране, а на пълния квадратичен модел (№4) – 11 операции умножение и 5 сумиране, което е в пъти по-малко в сравнение с прякото изчисляване по зависимост (3) чрез използване на вградените тригонометрични функции;
- изборът на конкретен модел трябва да се извърши чрез комплексно отчитане на изскванията за бързодействие и точност.
- не се препоръчва използването на модел №2, тъй като той има еднакви изчислителни загуби като модел № 3, но е с по-лоши интерпретиращи характеристики.

Повечето параметри на работните движения на насипообразувателя зависят от множество фактори. Например ъгълът $\delta_н$ при долно насипване и схема на работа с движение на главна част по пресен насип, а междинна - по стар насип се определя по зависимостта:

$$\delta_{н2} = arcsin\frac{A - b_N - b_2}{L_C \cos E_Д + S}, \qquad (6)$$

където

$$A = L_M \cos E_M \sin\gamma_M + L_N \cos E_N \qquad (7)$$

L_M е дължината на междинната част на насипообразувателя, m;

E_M - ъгълът на наклона на междинната част, град;

γ_M - ъгълът на хоризонталното отклонение на междинната част,m;

L_N - дължината на приемната част на насипообразувателя;

E_N - наклонът на приемната част, град;

b_N - разстоянието от оста на ГТЛ до оста на движение на междинна част, m;

b_2 - разстоянието от оста на движение на междинната част на насипообразувателя до горния ръб на стария насип, m.

Регресионният модел, описващ тази зависимост би следвало да бъде шестфакторен. Намирането му е принципно възможно, но той ще включва голям брой членове, което ще намали изчислителната ефективност от използването му. Поради тази причина беше възприето да се намерят относително прости регресионни модели, описващи тригонометричните функции в технологично определения диапазон на изменение на съответните аргументи.

Намерените модели за функции синус и косинус са представени в таблица 3. Диапазонът на изменение на аргумента, за който са приложими моделите и тяхни основни интерпретиращи характеристики, доказващи приложимостта им, са дадени в таблица 4.

Таблица 3. Модели за $sin(\alpha)$ и $cos(\alpha)$

Функция	Модел
$sin(\alpha)$	$-0{,}0789+1{,}3179.\alpha+0{,}0095\alpha^2$
$cos(\alpha)$	$1{,}0001-0{,}0016.\alpha-0{,}4913\alpha^2$

Таблица 4. Допустим интервал на изменение на аргумента и интерпретиращи характеристика на моделите

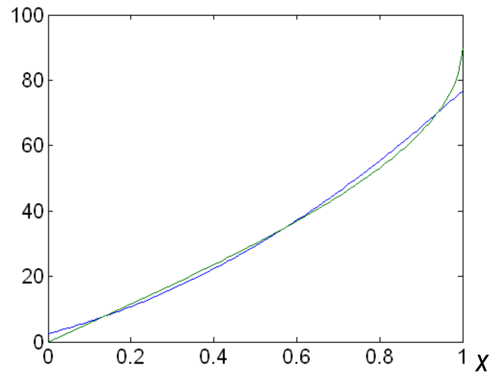
Функция	Диапазон	$\hat{S}^2_{ocm}$	Δ_{max}
$sin(\alpha)$	$20\le\alpha\le 90$	$1{,}0674.10^{-5}$	0,0095
$cos(\alpha)$	$0\le\alpha\le 20$	$5{,}7278.10^{-10}$	$6{,}8926.10^{-5}$

За функция аркуссинус при пълния диапазон на изменение на аргумента беше намерен модел:

$$a\sin(x)=2{,}4983+32{,}9650.x+41{,}3773.x^2 \qquad (8)$$

За него $\hat{S}^2_{ocm}$ = 4,078, а Δ_{max} = 13.1595. Недобрите интерпретиращи свойства на модела са илюстрирани на фиг. 4, където са представени графиките на аналитично определените стойности на функцията и тези намерени с използване на модела.

asin



Фиг. 4. Стойности на функцията, определени аналитично и с използване на модел

Повишаването на реда на модела не доведе до значимо подобряване на интерпретиращите му свойства. Поради това се премина към отсечкова апроксимация. Експериментално беше установено, че е целесъобразно целият диапазон да бъде разделен на три интервала. В таблица 5 са дадени границите на всеки интервал и намерения за него модел, а в таблица 6 – характеристики на моделите, пряко свързани с интерпретационните му свойства.

Таблица 5. Модели за asin(x)

Диапазон	Модел
$0{,}0\le x\le 0{,}7$	$0{,}2719+52{,}8605.x+13{,}8187.x^2$
$0{,}7< x\le 0{,}9$	$51{,}8183-94{,}0923.x+119{,}6354.x^2$
$0{,}9< x\le 0{,}99$	$955{,}2-2058{,}2.x+1181{,}7x^2$

Таблица 6. Основни характеристики на моделите

Диапазон	$\hat{S}^2_{ocm}$	Δ_{max}
$0{,}0\le x\le 0{,}7$	0,0209	0,3816
$0{,}7< x\le 0{,}9$	0,003	0,1181
$0{,}9< x\le 0{,}99$	0,0432	0,3143

От получените резултати може да се направи извода, че чрез отсечкова апроксимация с три обособени диапазона грешката при използване на полиномилания модел в целия интервал е под 0,5 градуса, което е напълно задоволителна за практиката точност.

Заключение

Представените изследвания доказват, че предложеният подход може успешно да се използва с цел повишаване на бързодействието при реализация на изчислителните операции в системите за програмно управление. Той може да бъде приложен не само за определяне на началния ъгъл на позициониране на насипващата стрела, но за изчисляване и на другите параметри на работните движения на насипообразувателите.

Литература

http://www.mathworks.com/

Атанасов А. 2007. Екологични проблеми и рекултивация на земите нарушени от минната промишленост. С., МГУ.

Богданова, Е. 2010. Рекултивация на нарушени терени. С., ПъблишСайСет-Еко.

Гарипов, Е. 2004. Идентификация на системи. С., ТУ.

Йорданов Й. 2010. Приложение на MATLAB в инженерните изследвания - части 1, 2 и 3. Русенски унив. "Ангел Кънчев".

Найденов К. 2005. Система за управление на насипообразувател в Мини Марица Изток. Инженеринг Ревю, бр. 6, 2005, 138-148.