

Maja Jakubowska, Leon Kukielka
Katedra Maszyn Roboczych
Politechnika Koszalińska

ZASTOSOWANIE PROGRAMU KOMPUTEROWEGO EXPERIMENT PLANNER DO IDENTYFIKACJI PROCESÓW ROZRÓŻNIANIA SKŁADNIKÓW MIESZANINY BULW ZIEMNIAKA I KAMIENI

Streszczenie

W artykule przedstawiono nowy program komputerowy do wspomagania eksperymentów. Opisano podstawowe jego możliwości na przykładzie sprawdzenia istotności wpływu czynników: ciężaru właściwego, długości, kształtu i masy na współczynnik rozpoznawania kamieni w składnikach mieszaniny bulw ziemniaka i kamieni.

Słowa kluczowe: planowanie eksperymentów, plany eksperymentów, analiza regresji, model matematyczny, model obiektu badań

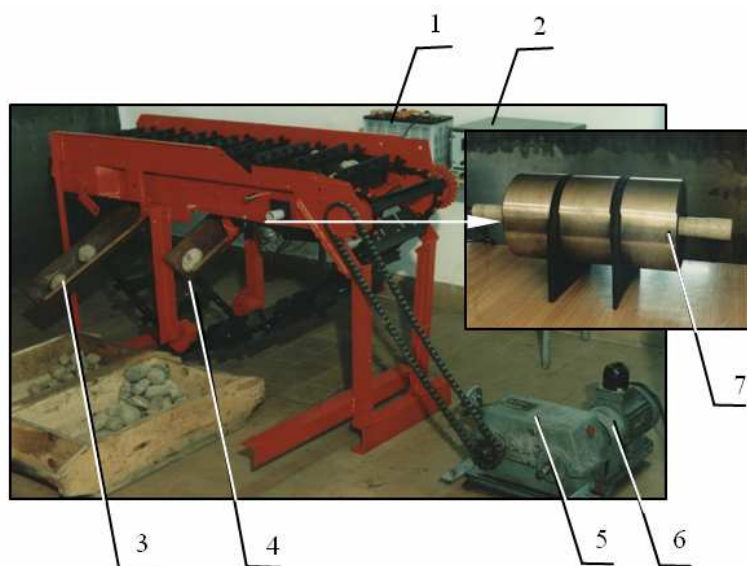
Wykaz oznaczeń:

l	– długość
γ	– ciężar właściwy (ro),
roz	– współczynnik prawidłowo rozdzielonych ziemniaków,
o	– obtoczenie,
m	– masa,
x_1, x_2, x_3, x_4	– zmienne równania regresji (zmienne wejściowe l, γ, o, m),
b_i	– poszukiwane współczynniki równania regresji.

Wprowadzenie

Podczas identyfikacji obiektów badań należy wykonać wiele skomplikowanych operacji takich jak: planowanie eksperymentu, opracowanie otrzymanych wyników badań oraz obliczenia współczynników w przyjętym modelu matematycznym. Proces ten można znacznie przyspieszyć i ulepszyć wykorzystując specjalistyczne programy komputerowe, np. CADEX [Polański, Górecka 1992] lub opracowane

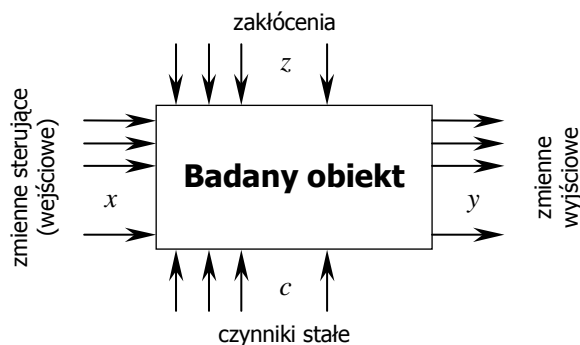
w Katedrze Maszyn Roboczych Politechniki Koszalińskiej programy PLANEKS-STAT [Kukiełka 2002] i Experiment Planner [Kukiełka 2003]. Wykorzystuje się w nich statystyczne metody identyfikacji obiektów wielowymiarowych, rozpatrując rzeczywiste obiekty (tutaj proces rozróżniania – rys. 1) jako *procesy losowe (statystyczne)*.



Rys. 1. Stanowisko badawcze separatora akustycznego: 1 – zasilanie układu wykonawczego, 2 – zasilanie układu elektronicznego, 3 – rynna spustowa ziemniaków, 4 – rynna spustowa kamieni, 5 – reduktor z bezstopniową regulacją prędkości, 6 – silnik elektryczny, 7 – akustyczne urządzenie rozróżniające

Fig. 1. Experimental setup for an acoustic separator: 1 – supplying the executive system, 2 – supplying the electronic system, 3 – conveyor trough for potatoes, 4 – conveyor trough for stones, 5 – reducer with an infinitely variable adjustment, 6 – electric motor, 7 – acoustic discriminating device

Wykorzystując cybernetyczną zasadę „czarnej skrzynki” (rys. 2), tj. braku pełnej znajomości mechanizmów obiektu, poszukuje się związków pomiędzy zmiennymi wyjściowymi y , a zmiennymi wejściowymi x (przy założeniu występowania czynników stałych c oraz czynników zakłócających z , których wpływ jest ujmowany jako przedział ufności modelu).



Rys. 2. Model „czarnej skrzynki”
 Fig. 2. Model of „black box”

Cel i zakres badań

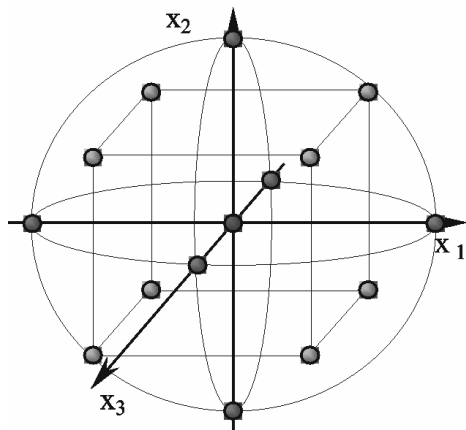
Celem badań jest opracowanie równania regresji opisującego zależności współczynnika dokładności rozróżniania w zależności od ciężaru właściwego, długości, kształtu i masy. W pracy przedstawiono najważniejsze etapy identyfikacji obiektu badań przy wykorzystaniu programu EPlanner. Przyjęto następujące przedziały zmienności czynników wejściowych dla kamieni:

- l – 30÷130 mm
- γ – 21,31÷30,57 kN/m³
- o – 1÷6
- m – 8÷520 g

W programie możliwy jest wybór następujących modeli: wielomian, funkcja logarymiczna, wykładnicza, potęgowa i ułamkowa. Współczynnik dokładności (jako stosunek prawidłowo rozpoznanych kamieni do całkowitej liczności próby - 200 powtórzeń w doświadczeniu) opisano funkcją kwadratową czterech zmiennych wejściowych o postaci:

$$\begin{aligned} \hat{y} = & b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 + b_{44}x_4^2 + \\ & + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{14}x_1x_4 + b_{23}x_2x_3 + b_{24}x_2x_4 + b_{34}x_3x_4 + \\ & + b_{123}x_1x_2x_3 + b_{124}x_1x_2x_4 + b_{134}x_1x_3x_4 + b_{234}x_2x_3x_4 + b_{1234}x_1x_2x_3x_4 \end{aligned} \quad (1)$$

Badania zrealizowano według planu pięciopozomowego rotatabilnego, którego ilustrację graficzną przedstawia rysunek 3 [Kukielka 2003], natomiast wartości zmiennych zakodowanych i rzeczywistych – tablica 1.



Rys. 3. Schemat punktów pomiarowych w planie 5-cio poziomowym rotabilnym dla trzech zmiennych

Fig. 3. Diagram of measuring points in a five-level rotatable plan for three variables

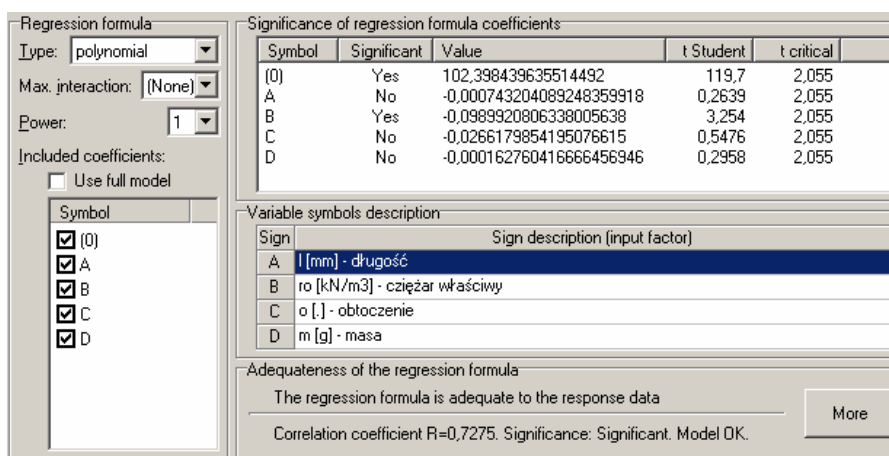
Tabela 1. Plan eksperymentu

Table 1.

Lp	Zakodowane				Rzeczywiste			
	l	γ	o	m	l	γ	o	m
					[mm]	[kN/m ³]	[-]	[g]
1	-	-	-	-	56	23,625	2	136
2	+	-	-	-	106	23,625	2	136
3	-	+	-	-	56	28,255	2	136
4	+	+	-	-	106	28,255	2	136
5	-	-	+	-	56	23,625	5	136
6	+	-	+	-	106	23,625	5	136
7	-	+	+	-	56	28,255	5	136
8	+	+	+	-	106	28,255	5	136
9	-	-	-	+	56	23,625	2	392
10	+	-	-	+	106	23,625	2	392
11	-	+	-	+	56	28,255	2	392
12	+	+	-	+	106	28,255	2	392
13	-	-	+	+	56	23,625	5	392
14	+	-	+	+	106	23,625	5	392
15	-	+	+	+	56	28,255	5	392
16	+	+	+	+	106	28,255	5	392
17	+2	0	0	0	130	25,94	4	264
18	-2	0	0	0	30	25,94	4	264
19	0	+2	0	0	80	30,57	4	264
20	0	-2	0	0	80	21,31	4	264
21	0	0	+2	0	80	25,94	6	264
22	0	0	-2	0	80	25,94	1	264
23	0	0	0	+2	80	25,94	4	520
24	0	0	0	-2	80	25,94	4	8
25	0	0	0	0	80	25,94	4	264
...	0	0	0	0	80	25,94	4	264
31	0	0	0	0	80	25,94	4	264

Przeprowadzono serię doświadczeń zgodnie z opracowanym planem eksperymentu a uzyskane wyniki wprowadzono do programu EPlanner. Program pozwala na wykrywanie błędów grubych w seriach pomiarowych z wykorzystaniem testów B (B-Grubbsa, B_4 , B_6 , B_7 , B_8). Przeprowadzone testy nie wykazały błędów grubych.

Następnie obliczono współczynniki oraz zbadano ich istotność (rys. 4). Tylko liniowe składniki w równaniu (1) są istotne na przyjętym poziomie istotności $\alpha=0,05$, natomiast składniki kwadratowe i interakcji są nieistotne.

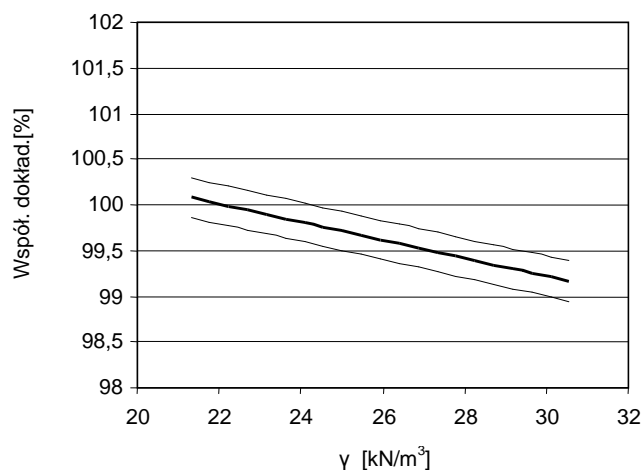


Rys. 4. Widok ekranowy programu Experiment Planner 1.0. Okno postaci modelu statystycznego oraz obliczone współczynniki równania regresji wraz z testem istotności

Fig. 4. Screen image of the Experiment Planner 1.0 program. The window of a statistical model form and calculated coefficients of a regression equation along with a significance test

Następnie, wyznaczono współczynnik korelacji wielowymiarowej R będący miarą dopasowania funkcji regresji do wyników eksperymentu, a w opisywanym przypadku wynosi $R=73\%$. Po czym możliwe jest testowanie adekwatności otrzymanego modelu matematycznego.

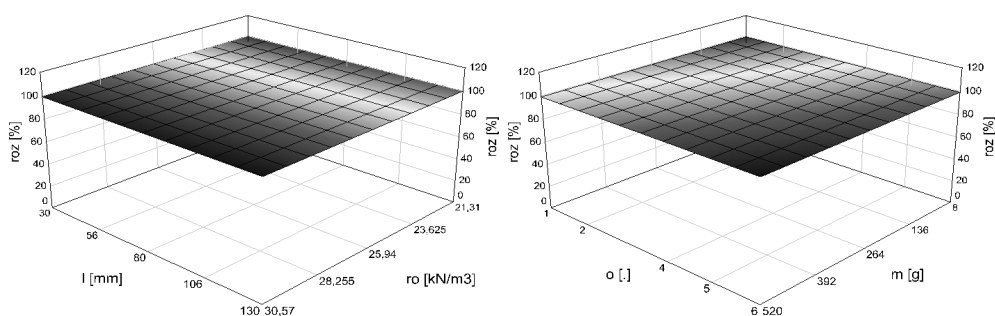
Program umożliwia wyznaczenie przedziału ufności dla obliczonego równania regresji. Rysunek 5 przedstawia przykładowy jednoparametryczny wykres zależności współczynnika dokładności od ciężaru właściwego oraz przedział ufności, po przecięciu równania regresji trzema płaszczyznami stałymi ($o=const$, $m=const$, $l=const$).



Rys. 5. Wykres zależności współczynnika dokładności rozróżniania od ciężaru właściwego kamienia (zmienna mająca najistotniejszy wpływ).

Fig. 5. Diagram of dependence between the accuracy and the specific gravity of the stone (variable with the most significant effect).

Poza opisanymi możliwościami program pozwala na przedstawienie wyników w postaci równania regresji w formacie Excel, C++..., możliwe jest również natychmiastowe uzyskanie wykresu przestrzennego funkcji regresji (rys. 6).



Rys. 6. Widoki ekranowe programu Experiment Planner 1.0 wykresów funkcji regresji w zależności od zmiennych, wykres lewy: l i γ , wykres prawy: o i m

Fig. 6. Screen image of the Experiment Planner 1.0 program for diagrams of regression functions in relation to variable: l and γ , right-hand diagram: o and m

Podsumowanie

W przedstawionym przykładzie zbadano wpływ czterech zmiennych na obiekt. Wymagało to wykonania 31 doświadczeń. W przypadku wykorzystania „tradycyjnych” metod dla wyznaczenia równania regresji postaci (1) konieczne byłoby przeprowadzenie przynajmniej 34=81 doświadczeń.

Wykorzystanie metod statystycznych do planowania eksperymentu może znacząco zwiększyć dokładność wyników bez ponoszenia kosztów dodatkowych badań. Możliwe jest jednocześnie zmniejszenie liczby koniecznych doświadczeń. Natomiast zastosowanie programów do komputerowego wspomagania planowania badań eksperymentalnych może znacząco przyspieszyć prace związane z opracowaniem modelu statystycznego.

Bibliografia

Kukielka, L. 2002. Podstawy badań inżynierskich. *Koszalin, Politechnika Koszalińska*, 2000, PWN, Warszawa.

Kukielka, S. 2003. Experiment Planner 1.0. – komputerowy program planowania eksperymentów....Praca magisterska, Politechnika Koszalińska.

Polański Z., Górecka R. 1992. Opis programu komputerowego CADEX, ESDET, IDEF, PROFES, SPECTRA. Podręczniki użytkownika programów komputerowych, Wyd. Cermet, Kraków.

**APPLICATION OF THE EXPERIMENT PLANNER COMPUTER
PROGRAM TO THE PROCESS IDENTIFICATION
FOR DISCRIMINATION OF COMPONENTS IN BULBS
AND STONES MIXTURE**

Summary

The paper presents a new computer program assisting the experiments. Its fundamental possibilities were described by an example of checking the influence significance of factors.

Key words: experiment-planning, plans of experiments, regression analysis, mathematical model, model of experimental object