

Projektowanie procesów technologicznych : matematyczne metody planowania eksperymentów / Agnieszka Gadomska-Gajadbur, Dominik Jańczewski, Cezary Różycki, Ludwik Synoradzki. – Wydanie I. – Warszawa, 2020

Spis treści

Przedmowa	9
Stosowane symbole	11
1. PODSTAWY PLANOWANIA EKSPERYMENTÓW	13
1.1. Wstęp	13
1.2. Pojęcia podstawowe	14
1.3. Cele eksperymentu	18
1.3.1. Selekcja zmiennych niezależnych	20
1.3.2. Identyfikacja modelu matematycznego	21
1.3.3. Optymalizacja	26
1.4. Organizacja i realizacja eksperymentu	28
1.4.1. Sformułowanie problemu badawczego	28
1.4.1.1. Cel eksperymentu, analiza warunków i środków	28
1.4.1.2. Struktura procesu, wybór i klasyfikacja zmiennych - „czarna skrzynka”	29
1.4.1.3. Dobór zakresu zmiennych, ograniczenia i obszar eksperymentu	31
1.4.2. Wybór, przygotowanie i wykonanie planu eksperymentu	32
1.4.2.1. Plany selekcji zmiennych	33
1.4.2.2. Plany czynnikowe, całkowite i ułamkowe (typu 2_k i 2^{k-p})	34
1.4.2.3. Plany kompozycyjne drugiego stopnia	35
1.4.2.4. Metoda simpleksów	35
1.4.2.5. Metoda największego spadku (gradientowa Boxa-Wilsona)	38
1.4.3. Opracowanie wyników planu eksperymentu	39
1.4.3.1. Liniowa regresja wielokrotna	39
1.4.3.2. Selekcja zmiennych niezależnych	41
1.4.3.3. Identyfikacja modelu na podstawie planu czynnikowego typu 2^k lub 2^{k-p}	42
1.4.3.4. Identyfikacja modelu na podstawie planu rotatabilnego	44
1.4.3.5. Identyfikacja modelu na podstawie wyników bezplanowych	46
1.4.3.6. Optymalizacja	46
1.4.4. Ocena uzyskanych wyników - testowanie hipotez statystycznych	49
1.4.4.1. Wariancja powtarzalności	49
1.4.4.2. Wariancja resztkowa	49
1.4.4.3. Wariancja współczynników równania regresji i prognozowanej wartości y	50
1.4.4.4. Wariancja adekwatności	51
1.4.4.5. Testowanie istotności równania regresji	51

1.4.4.6. Testowanie istotności współczynników równania regresji, b_1	51
1.4.4.7. Badanie adekwatności modelu	52
1.4.5. Wyciąganie wniosków i podejmowanie decyzji	53
1.5. Przykład - optymalizacja syntezy kwasu dibenzoilowinowego (KDBW)	54
Sformułowanie problemu (por. p. 1.4.1)	54
Wybór, przygotowanie i wykonanie planu eksperymentu (por. p. 1.4.2)	57
Opracowanie i ocena wyników (por. p. 1.4.3 i 1.4.4)	58
Wyciągnięcie wniosków i podjęcie decyzji (por. p. 1.4.5)	67
2. WYBRANE ALGORYTMY	69
2.1. Uwagi wstępne	69
2.2. MS Excel	70
2.2.1. Wprowadzenie danych	71
2.2.2. Funkcje	71
2.2.3. Definiowanie tablic	72
2.2.4. Szacowanie współczynników równania regresji	73
2.3. Mathcad	74
Algorytm P1 : Zmienne naturalne i kodowane	75
P1.1. Wstęp	75
P1.2. Plan eksperymentu (zmienne naturalne)	75
P1.3. Zmienne kodowane	76
P1.4. Plan eksperymentu (zmienne kodowane)	77
Algorytm P2: Plan Placketta-Burmana	78
P2.1. Wstęp	78
P2.2. Tworzenie planu Placketta-Burmana	79
P2.3. Opracowanie wyników doświadczeń	80
P2.4. Przykład - rozwiązanie ogólne	82
P2.5. Przykład - zastosowanie MS Excel	83
P2.6. Przykład - zastosowanie programu Mathcad	85
Algorytm P3 : Tworzenie planów czynnikowych typu 2^k	87
P3.1. Wstęp	87
P3.2. Całkowity plan czynnikowy typu 2^k	87
P3.3. Całkowite plany czynnikowe typu 2^k	88
P3.4. Rozszerzone plany czynnikowe typu 2^k	89
P3.5. Właściwości całkowitego planu czynnikowego (zmienne kodowane)	90
P3.6. Przykład	90
Algorytm P4: Tworzenie ułamkowych planów czynnikowych typu 2^{k-p}	92
P4.1. Wstęp	92
P4.2. Tworzenie ułamkowego planu czynnikowego	92
Algorytm P5: Szacowanie równania regresji na podstawie planu czynnikowego typu 2^k lub 2^{k-p}	95

P5.1. Wstęp	95
P5.2. Obliczanie współczynników liniowego równania regresji	96
P5.3. Testowanie hipotez statystycznych	98
P5.3.1. Wstępna ocena	98
P5.3.2. Test F	99
P5.3.3. Analiza wariancji	100
P5.3.4. Wielokrotnie realizowany plan eksperymentu typu 2^k	102
P5.3.5. Istotność współczynników równania regresji b_i	104
P5.4. Przykłady - rozwiązanie ogólne	105
P5.4.1. Przykład 1 (rozwiązanie wg P5.3.2 i P5.3.5)	105
P5.4.2. Przykład 2 (analiza wariancji)	106
P5.4.3. Przykład 3 (wielokrotnie realizowany plan 2^k)	109
P5.5. Przykłady - zastosowanie MS Excel	111
P5.5.1. Rozwiązanie przykładu 1 (pkt P5.4.1)	111
P5.5.2. Rozwiązanie przykładu 2 (pkt P5.4.2)	112
P5.5.3. Rozwiązanie przykładu 3 (pkt P5.4.3)	114

Algorytm P6: Liniowe równanie regresji w zmiennych naturalnych **116**

P6.1. Wstęp	116
P6.2. Przekształcenie liniowego równania regresji	116
P6.3. Przykład - rozwiązanie ogólne	117
P6.4. Przykład - zastosowanie MS Excel	119

Algorytm P7: Tworzenie planów kompozycyjnych drugiego stopnia **122**

P7.1. Wstęp	122
P7.2. Plan rotatabilny	123
P7.2.1. Wartość ramienia gwiazdowego α	123
P7.2.2. Liczba doświadczeń n_0 w punkcie centralnym	123
P7.2.3. Tworzenie planu rotatabilnego drugiego stopnia	124
P7.2.4. Przykład	124
P7.3. Plan ortogonalny	126
P7.3.1. Wartość ramienia gwiazdowego α	126
P7.3.2. Liczba doświadczeń n_0 w punkcie centralnym	127
P7.3.3. Tworzenie planu ortogonalny drugiego stopnia	128
P7.3.4. Przykład	128

Algorytm P8: Obliczanie równania regresji na podstawie kompozycyjnego planu rotatabilnego drugiego stopnia **130**

P8.1. Wstęp	130
P8.2. Obliczenie współczynników równania regresji	130
P8.3. Wariant obliczania współczynników równania regresji	132
P8.4. Obliczanie wariancji powtarzalności, resztkowej i adekwatności	133
P8.5. Testowanie hipotez statystycznych	134
P8.6. Przykład - rozwiązanie ogólne	136
P8.7. Przykład - zastosowanie MS Excel	141

P8.8. Rozwiązanie równania macierzowego - zastosowanie programu Mathcad	146
---	-----

Algorytm P9: Obliczanie równania regresji na podstawie kompozycyjnego planu ortogonalnego drugiego stopnia

152

P9.1. Wstęp	152
P9.2. Przekształcenia liniowe zmiennych x_j^2	152
P9.3. Obliczenie współczynników równania regresji	154
P9.4. Obliczanie wariancji powtarzalności, resztkowej i adekwatności	155
P9.5. Testowanie hipotez statystycznych	156
P9.6. Przykład - rozwiązanie ogólne	157
P9.7. Przykład - zastosowanie MS Excel	161
P9.8. Rozwiązanie równania macierzowego - zastosowanie programu Mathcad	170

Algorytm P10: Punkt stacjonarny i analiza kanoniczna wielomianu drugiego stopnia

176

P10.1. Wstęp	176
P10.2. Tworzenie układu równań i jego rozwiązanie (dwie zmienne niezależne)	177
P10.3. Tworzenie układu równań i jego rozwiązanie (k zmiennych niezależnych)	179
P10.4. Przykłady	180
P10.4.1. Paraboloida (minimum)	180
P10.4.2. Minimaks (siodło)	181
P10.4.3. Grzbiet	182
P10.4.4. Wielomian drugiego stopnia (trzy zmienne niezależne)	183
P10.5. Punkt stacjonarny i równanie kanoniczne (stosowanie programu Mathcad)	185

Algorytm P11: Równanie regresji drugiego stopnia w zmiennych naturalnych

187

P11.1. Wstęp	187
P11.2. Przekształcenie równania regresji	187
P11.3. Przykład - rozwiązanie ogólne	188

Algorytm P12: Optymalizacja metodą simpleksów (metoda klasyczna)

189

P12.1. Wstęp	189
P12.2. Simpleks początkowy	190
P12.3. Poszukiwanie simpleksowe metodą klasyczną	191
P12.4. Zakończenie poszukiwania optimum	193
P12.5. Przykład - rozwiązanie ogólne	193
P12.6. Przykład - zastosowanie MS Excel	194

Algorytm P13: Optymalizacja metodą simpleksów (modyfikacja Nelder-Mead)

197

P13.1. Wstęp	197
P13.2. Simpleks początkowy	197
P13.3. Zasada modyfikacji Nelder-Mead	198
P13.4. Realizacja modyfikacji Nelder-Mead	201
P13.5. Zakończenie poszukiwania optimum	203
P13.6. Szczególne przypadki zaplanowanych doświadczeń	203
P13.7. Przykłady	204
P13.7.1. Metoda simpleksów - zakres zmiennych nieograniczony	204
P13.7.2. Metoda simpleksów - zakres zmiennych ograniczony (wersja 1)	209
P13.7.3. Metoda simpleksów - zakres zmiennych ograniczony (wersja 2)	209
P13.8. Rozwiązanie przykładu - zastosowanie MS Excel	212
Algorytm P14: Optymalizacja metodą największego spadku	213
P14.1. Wstęp	213
P14.2. Początek poszukiwania optimum	214
P14.3. Realizacja poszukiwania optimum	215
P14.4. Zakończenie poszukiwania optimum	216
P14.5. Przykład - rozwiązanie ogólne	216
P14.6. Przykład - zastosowanie MS Excel	219
Algorytm P15: Plan Boxa-Behnkena	222
P15.1. Wstęp	222
P15.2. Plany Boxa-Behnkena o trzech lub czterech zmiennych	223
P15.3. Szacowanie równania regresji o trzech lub czterech zmiennych niezależnych	224
P15.4. Testowanie hipotez statystycznych	226
P15.5. Przykład - rozwiązanie ogólne	226
P15.6. Przykład - zastosowanie MS Excel	229
Literatura	233
Załącznik. Tablice statystyczne	237
Słownik polsko-angielski stosowanych terminów	240
Indeks	243