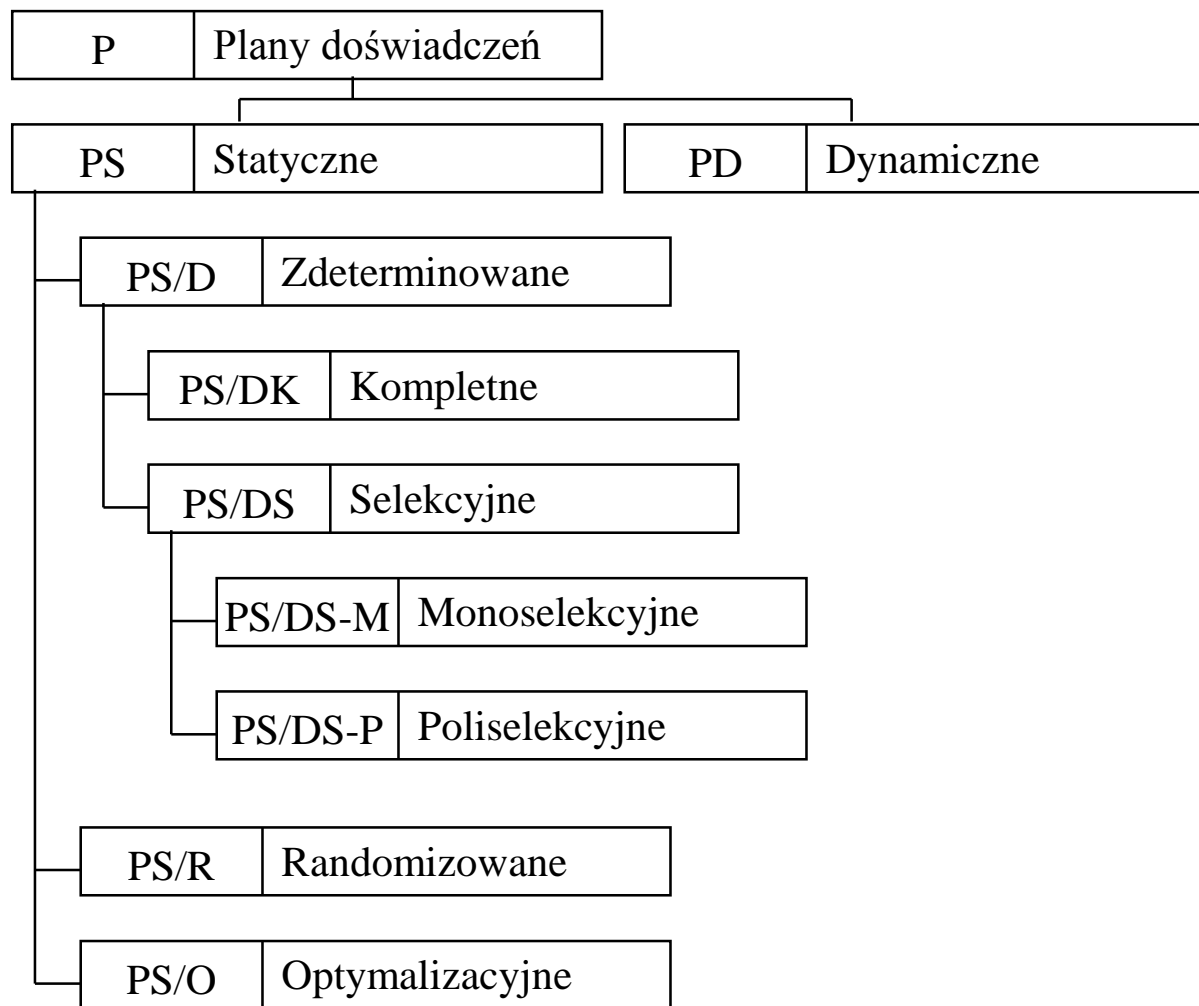


Klasyfikacja planów doświadczeń



*Rys. Klasyfikacja planów doświadczeń
wg. Z. Polański: Planowanie doświadczeń w technice, PWN, Warszawa, 1984*



Plany statyczne zdeterminowane PS/D

Plany zdeterminowane wykorzystywane są w badaniach, których celem jest wyznaczenie funkcji obiektu. Wybór planu zależy od założonej ogólnej postaci tej funkcji. Podstawowym warunkiem, który powinien spełniać plan jest:

$$n \geq p$$

gdzie n – liczba doświadczeń planu; p – liczba współczynników przyjętej funkcji obiektu.

Plany spełniające warunek: $n = p$ nazywane są *nasyconymi*.

Jeżeli funkcja obiektu jest:

- wielomianem stopnia 1

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_mx_m + \underbrace{b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{m-1,m}x_{m-1}x_m}_{\text{interakcje rzędu drugiego}} + \underbrace{b_{123}x_1x_2x_3 + \dots + b_{m-2,m-1,m}x_{m-2}x_{m-1}x_m}_{\text{interakcje rzędu trzeciego}} + \dots + b_{12\dots m}x_1x_2\dots x_m$$

to każda z wielkości wejściowych powinna się pojawić w eksperymencie na co najmniej dwóch poziomach (stosowane są plany kompletne typu 2^m i ułamkowe typu 2^{m-k}),

- wielomianem stopnia 2

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_mx_m + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{12\dots m}x_1x_2\dots x_m + b_{11}x_1^2 + \dots + b_{mm}x_m^2$$

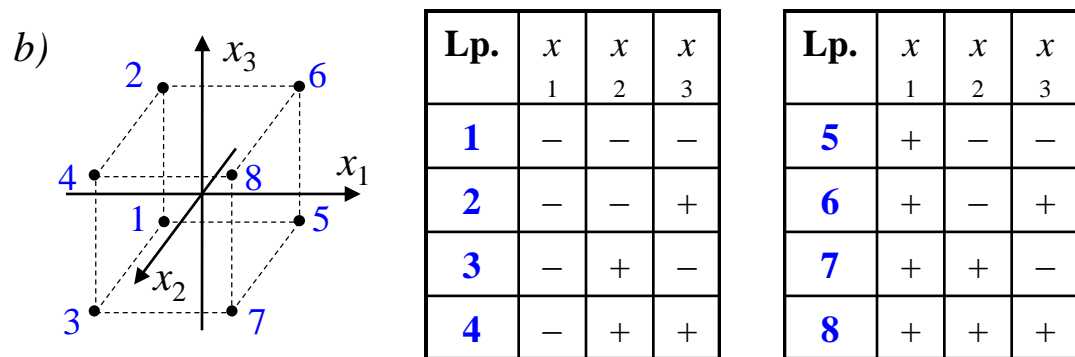
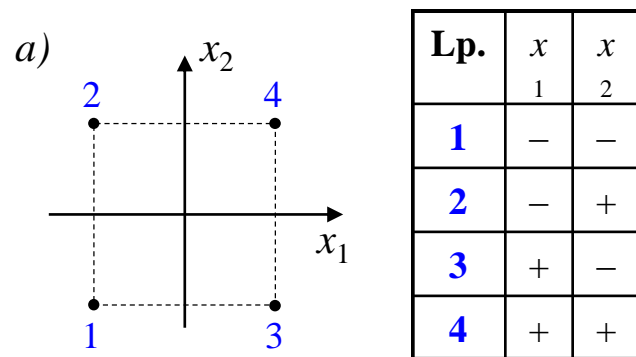
to każda z wielkości wejściowych powinna się pojawić w eksperymencie na co najmniej trzech poziomach (stosowane są plany kompletne typu 3^m , plany ułamkowe typu 3^{m-k} , plany wielopoziomowe).



Plany PS/DK typu 2^m

W planach PS/DK (statyczne, zdeterminowane, kompletne) typu 2^m każda spośród m wielkości wejściowych występuje na dwóch poziomach: górnym i dolny. W planach kompletnych doświadczenia realizowane są dla wszystkich możliwych kombinacji wartości wielkości wejściowych, czyli całkowita liczba doświadczeń planu PS/DK 2^m zależy wyłącznie od liczby wielkości wejściowych (m) i wynosi:

$$n = 2^m.$$



Rys. Rozmieszczenie doświadczeń i ich plany dla a) $m=2$ b) $m=3$ wielkości wejściowych, (+, - oznaczają odpowiednio górny i dolny poziom wielkości wejściowej).

Plany PS/DK 2^m wykorzystywane są zwykle do wyznaczania parametrów funkcji uwzględniającej tylko tzw. efekty główne wielkości wejściowych:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_mx_m,$$

albo także interakcje drugiego rzędu tych wielkości:

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_mx_m + b_{12}x_1x_2 + \dots + b_{m-1,m}x_{m-1}x_m.$$



Przykład 1.*

Należy zbadać wpływ stężenia reagenta (czynnik A) i ilości katalizatora (czynnik B) na wydajność reakcji chemicznej. Celem eksperymentu jest ustalenie, czy korekta któregokolwiek z czynników zwiększy wydajność reakcji. Przyjęto dwa poziomy stężenia reagenta (15% i 25%) i dwie ilości katalizatora (1 i 2 funty). Doświadczenie zaplanowano wg planu 2² z 3 powtórkami dla każdej kombinacji czynników.

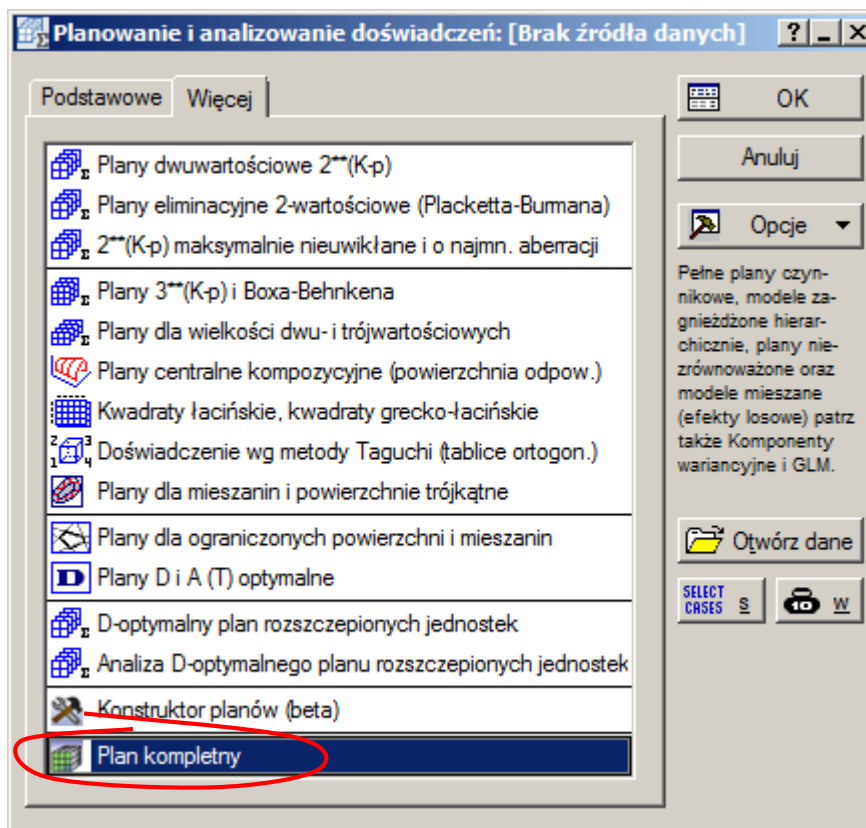
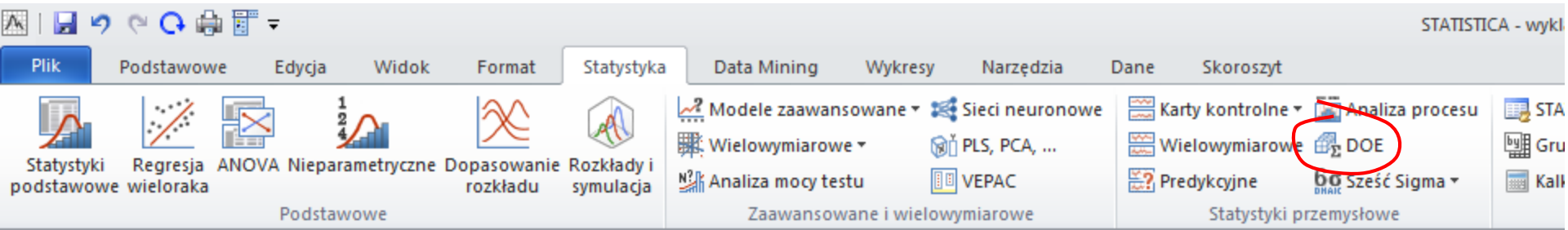
Doświadczenia przeprowadzono w losowej kolejności a uzyskane wyniki dla każdego z powtórzeń (I, II i III) zapisano w tablicy.

Lp.	A	B	I	II	III	Σ
1	-	-	28	25	27	80
2	-	+	18	19	23	60
3	+	-	36	32	32	100
4	+	+	31	30	29	90

*Montgomery D. C., *Design and Analysis of Experiments*, Wiley, 2012



STATISTICA – przygotowanie arkusza z danymi (metoda I: plan kompletny)



STATISTICA – przygotowanie arkusza z danymi (metoda I: plan kompletny)

Plan kompletny: [Brak źródła danych]

Podstawowe

Liczba wielkości

Nazwy wielkości i poziomy

Nazwy i poziomy wielkości wejściowych ([Brak źródła danych])

	Nazwa wielkości	Liczba poziomów
1	A	2
2	B	2

OK Anuluj

Plan kompletny: [Brak źródła danych]

Podstawowe

Liczba wielkości

Nazwy wielkości i poziomy

Anuluj Opcje

*w przykładzie 1. analizowane są 2 czynniki: A i B,
doświadczenia prowadzone są na 2 poziomach*



STATYSTICA – przygotowanie arkusza z danymi (metoda I: plan kompletny)

Wyniki planu kompletnego: [Brak źródła danych]

Podstawowe

Liczba powtórzeń: 2

Liczba odpowiedzi: 1

Podsumowanie: Wyświetl plan

Zmień poziomy

Oznacz jako arkusz wejściowy

Kolejność układów: Losowo

Zmień poziomy wielkości ([Brak źródła danych])

	C ciągła	Q jakość	Wart. 1	Wart. 2
A	C		15	25
B	C		1	2

Wyniki planu kompletnego: [Brak źródła danych]

Podstawowe

Podsum.

Anuluj

Opcje

Liczba powtórzeń: 2

Liczba odpowiedzi: 1

Podsumowanie: Wyświetl plan

Zmień poziomy

Oznacz jako arkusz wejściowy

Kolejność układów: Losowo

Losowo

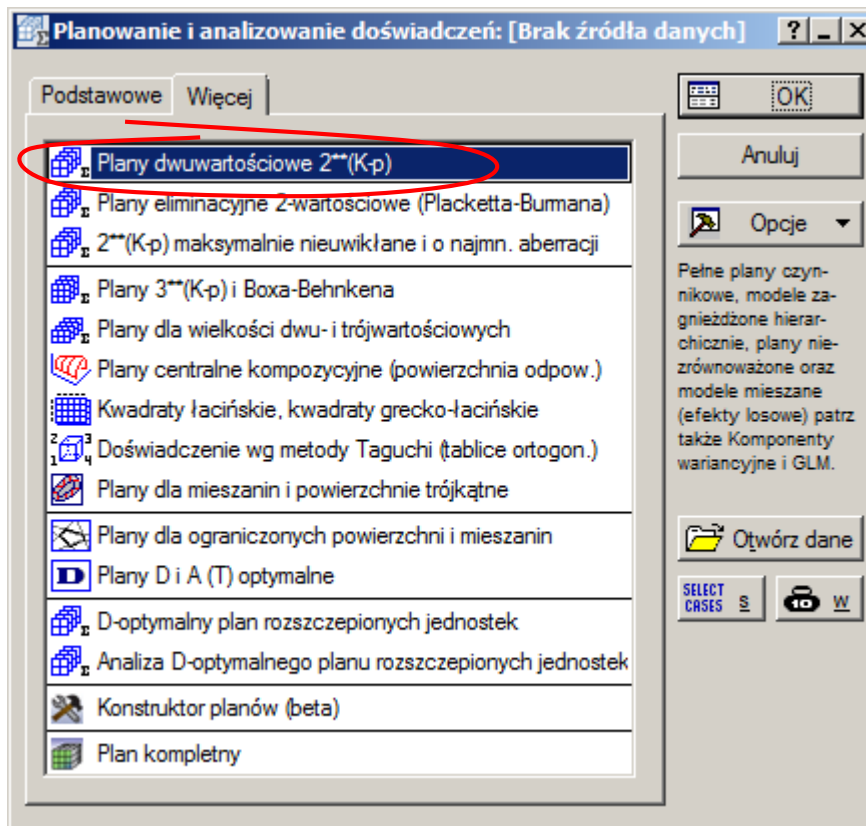
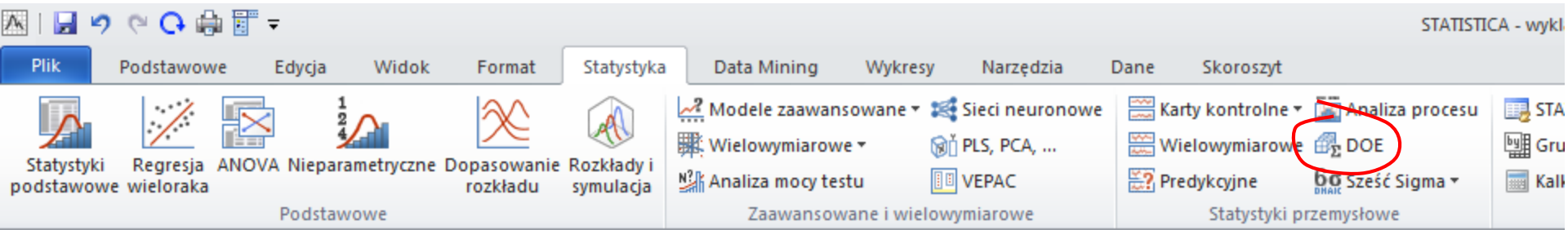
Sortuj od lewej do prawej

Sortuj od prawej do lewej

w przykładzie 1. zaplanowano po 3 powtórzenia dla każdej kombinacji czynników (tzn. doświadczenie i 2 powtórki), wyniki doświadczeń zapisywane są w 1 zmiennej przyjęto, że czynniki wejściowe są liczbowe (C – ciągłe), poziomy czynnika A wynoszą 15 i 25%, poziomy B: 1 i 2 funty, dla zwiększenia czytelności doświadczenia nie zostały ułożone w losowej kolejności



STATISTICA – przygotowanie arkusza z danymi (metoda II: plan dwuwartościowy)



STATYSTICA – przygotowanie arkusza z danymi (metoda II: plan dwuwartościowy)

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: P [?] _ X

Generuj plan | Analizuj doświadczenie

Liczba wielkości wejściowych (min=2, maks=11): 4

Wielkości wejściowe/bloki/układy:

- 4 / 1 / 8
- 4 / 1 / 16
- 4 / 2 / 16
- 4 / 4 / 16
- 4 / 8 / 16

Należy tu wybrać standardowy rodzaj planu; powtórzenia, dodatkowe układy, etykiety itd. mogą być wprowadzone w następnym oknie. Dodatkowe plany frakcyjne (Placketta-Burmana) można uzyskać przy pomocy opcji Plany eliminacyjne dwuwartościowe.

Rozdzielczość: IV

Generuj plan o kolejności wg Boxa, Huntera i Huntera

OK Anuluj Opcje

SELECT CASES S 10 W

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: [P?] _ X

Generuj plan | Analizuj doświadczenie

Liczba wielkości wejściowych (min=2, maks=11): 2

Wielkości wejściowe/bloki/układy:

- 2 / 1 / 4

Należy tu wybrać standardowy rodzaj planu; powtórzenia, dodatkowe układy, etykiety itd. mogą być wprowadzone w następnym oknie. Dodatkowe plany frakcyjne (Placketta-Burmana) można uzyskać przy pomocy opcji Plany eliminacyjne dwuwartościowe.

Rozdzielczość: FULL

Generuj plan o kolejności wg Boxa, Huntera i Huntera

OK Anuluj Opcje

SELECT CASES S 10 W

*ilość czynników wejściowych,
plany kompletne to plany opisane jako: $n/1/2^n$,
gdzie: n to ilość czynników wejściowych*

w przykładzie 1. badano wpływ 2 czynników



STATYSTICA – przygotowanie arkusza z danymi (metoda II: plan dwuwartościowy)

Planowanie doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: Plan kompletny ([Brak źr...])

PODSUMOWANIE (plan standardowy): $2^{**}(2-0)$ Plan o rozdzielczości R= FULL

Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 2
Liczba układów (pomiarów): 4
Liczba bloków: 1
Częściowe powtórzenia: 1

Podstawowe Wyświetl plan Dodaj do planu Generatory i zamienniki

Podsumowanie: Wyświetl plan

Zmień nazwy, wartości itd.

Kolejność układów

Standardowa
 Losowa Blokami

Oznacz jako arkusz wejściowy

Aby zapisać plan użyj opcji "Wyświetl plan", jeżeli to konieczne zmodyfikuj plan, a

Podsumowanie zmiennych (wielk. wejśc.)

Podsumowanie zmiennych (wielk. wejśc.)
Aby zmienić etykiety, wartości itd. wpisz żądane zmiany i kliknij OK.

Wejśc.	Nazwa Wiel.wej	Dolna Wart.	Dolna Etykieta	Górna Wart.	Górna Etykieta	C ciągła Q jakość
A (1)	A	15	Dolna	25	Górna	C
B (2)	B	1	Dolna	2	Górna	C

Planowanie doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: Plan kompletny ([Brak źr...])

PODSUMOWANIE (plan standardowy): $2^{**}(2-0)$ Plan o rozdzielczości R= FULL

Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 2
Liczba układów (pomiarów): 4
Liczba bloków: 1
Częściowe powtórzenia: 1

Podstawowe Wyświetl plan Dodaj do planu Generatory i zamienniki

Dodaj do planu

Liczba powtórzeń całościowych: 2
Liczba układów centrum (na blok): 0
Liczba pustych kolumn (zm. zal.): 0

Składanie planu (poprawa rozdzielczości)

Aby zapisać plan użyj opcji "Wyświetl plan", jeżeli to konieczne zmodyfikuj plan, a następnie zapisz arkusz.

dla zwiększenia czytelności doświadczenia nie zostały ułożone w losowej kolejności przyjęto, że czynniki wejściowe są liczbowe (C – ciągła),
poziomy czynnika A wynoszą 15 i 25%,
poziomy B: 1 i 2 funty,
dla każdej kombinacji czynników wykonywane jest doświadczenie i 2 powtórki

metoda I*

Two windows titled "wyklad_08.stw - Plan kompletny ([Brak źródła danych])".

Top window (initial data):

Układ	A	B	ZZ 1
1	15,00000	1,000000	
2	15,00000	1,000000	
3	15,00000	1,000000	
4	15,00000	2,000000	
5	15,00000	2,000000	
6	15,00000	2,000000	
7	25,00000	1,000000	
8	25,00000	1,000000	

Bottom window (data with results):

Układ	A	B	ZZ 1
1	15,00000	1,000000	28,00
2	15,00000	1,000000	25,00
3	15,00000	1,000000	27,00
4	15,00000	2,000000	18,00
5	15,00000	2,000000	19,00
6	15,00000	2,000000	23,00
7	25,00000	1,000000	36,00
8	25,00000	1,000000	32,00
9	25,00000	1,000000	32,00
10	25,00000	2,000000	31,00
11	25,00000	2,000000	30,00
12	25,00000	2,000000	29,00

metoda II*

Two windows titled "wyklad_08.stw* - Plan: 2**(2-0) plan (Plan kompletny ([Brak źródła danych])".

Top window (initial data):

Standard Układ	Powtórz.	A	B
1	1	15,00000	1,000000
2	1	15,00000	2,000000
3	1	25,00000	1,000000
4	1	25,00000	2,000000
5	2	15,00000	1,000000
6	2	15,00000	2,000000
7	2	25,00000	1,000000
8	2	25,00000	2,000000

Bottom window (data with results):

Standard Układ	Powtórz.	A	B	Y
1	1	15,00000	1,000000	28
2	1	15,00000	2,000000	18
3	1	25,00000	1,000000	36
4	1	25,00000	2,000000	31
5	2	15,00000	1,000000	25
6	2	15,00000	2,000000	19
7	2	25,00000	1,000000	32
8	2	25,00000	2,000000	30
9	3	15,00000	1,000000	27
10	3	15,00000	2,000000	23
11	3	25,00000	1,000000	32
12	3	25,00000	2,000000	29

*górne arkusze to oryginalne arkusze danych przygotowane przez program, dolne arkusze zostały uzupełnione wynikami przeprowadzonych w przykładzie 1. doświadczeń

Przykład 1.cd. Na początek zbadano efekty czynników oraz ich interakcji. Średni efekt czynnika A na poziomie B⁻ i B⁺ wynosi:

$$A_{B^-} = \bar{y}_{A^+B^-} - \bar{y}_{A^-B^-} = 33,33 - 26,67 = 6,67, \quad A_{B^+} = \bar{y}_{A^+B^+} - \bar{y}_{A^-B^+} = 30 - 20 = 10,$$

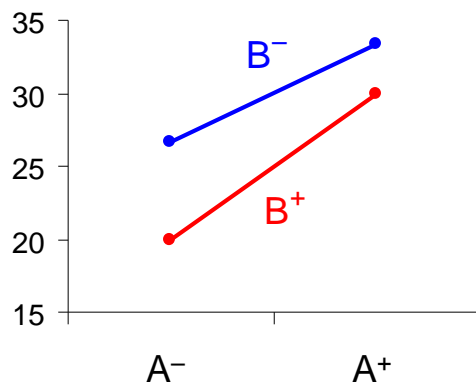
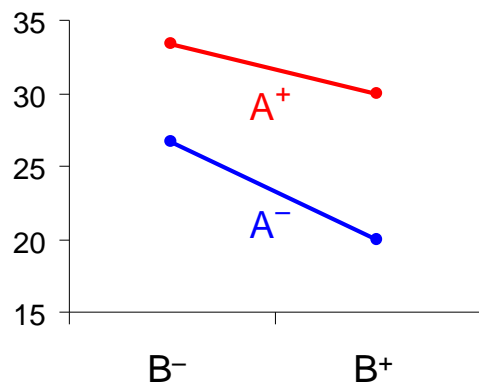
średni efekt A wynosi więc:

$$A = \frac{1}{2}(A_{B^+} + A_{B^-}) = 8,33.$$

Efekt A można też wyznaczyć licząc: $A = \bar{y}_{A^+} - \bar{y}_{A^-} = \frac{100+90}{6} - \frac{80+60}{6} = 8,33.$

Efekt B i efekt interakcji wynoszą:

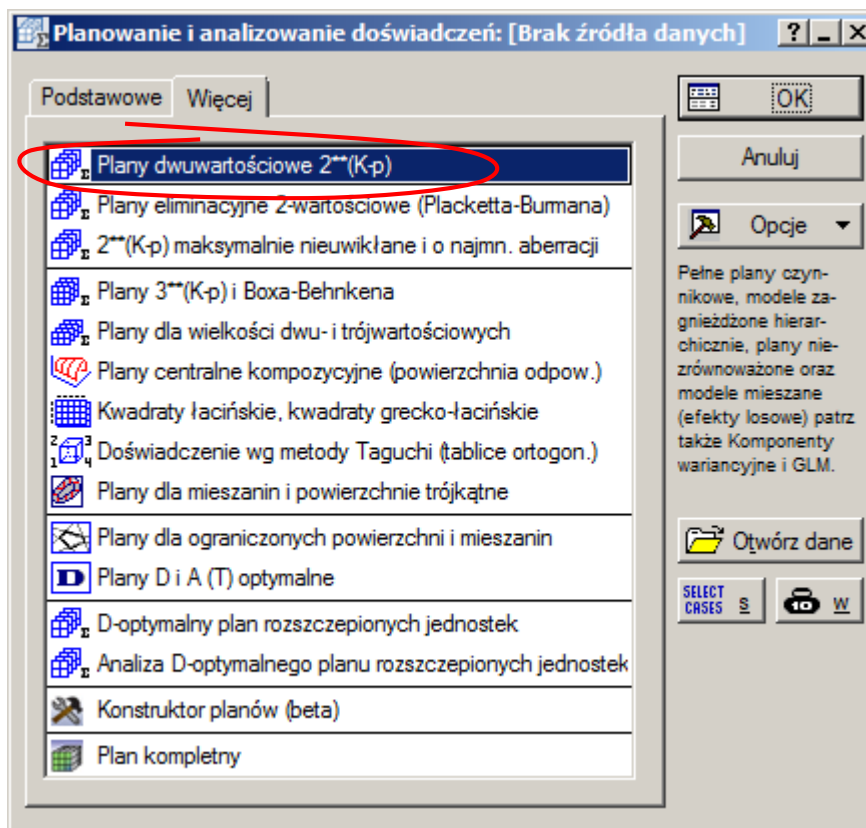
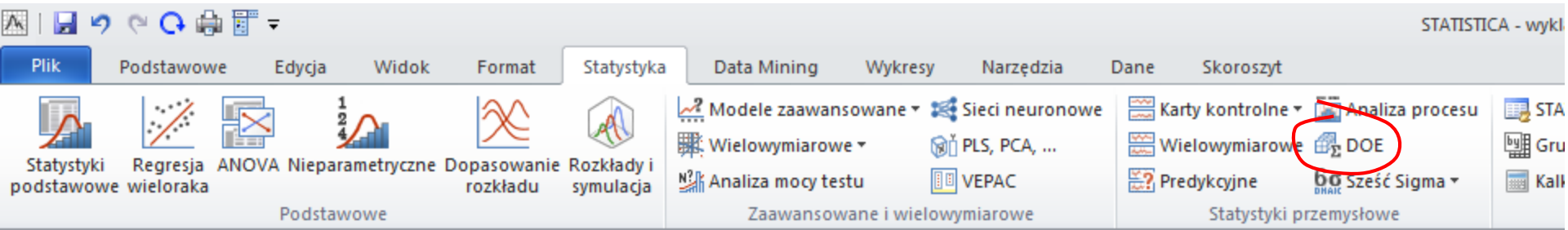
$$B = \bar{y}_{B^+} - \bar{y}_{B^-} = \frac{60+90}{6} - \frac{80+100}{6} = -5, \quad AB = \frac{1}{2}(A_{B^+} - A_{B^-}) = \frac{1}{2}(B_{A^+} - B_{A^-}) = 1,67.$$



A	B	I	II	III	Σ	śr.
-	-	28	25	27	80	26,67
-	+	18	19	23	60	20
+	-	36	32	32	100	33,33
+	+	31	30	29	90	30

Wpływ czynnika A jest dodatni (wzrost stężenia reagenta przyczyni się do wzrostu wydajności reakcji), wpływ czynnika B jest ujemny (mniejsza ilość katalizatora daje większą wydajność reakcji), wpływ interakcji czynników ma mniejsze znaczenie.

STATISTICA – analiza eksperymentu (plan dwuwartościowy)



STATYSTICA – analiza eksperymentu (plan dwuwartościowy)

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: P

Generuj plan Analizuj doświadczenie

Zmienne Plan z układami wadliwymi o niedokładnych wartościach górnych lub dolnych

Zależne: brak
Niezależne (czynniki): brak
Zmienna blokowa: brak
Układy centrum: brak
Liczba różnych ukl. poza centrum: brak
Całkowita liczba układów: brak

Anuluj
Opcje

Wybierz wielkości wyjściowe, wejściowe i (opcjonalnie) zmienną blokową

1 - A 2 - B 3 - ZZ_1	1 - A 2 - B 3 - ZZ_1	1 - A 2 - B 3 - ZZ_1
----------------------------	----------------------------	----------------------------

OK
Anuluj
[Zestawy]...
Włącz opcję "Pokaż tylko zmienne o

Rozwiń Przybliż Rozwiń Przybliż

Wielk. wyjściowe: 3 Wielk. wejściowe: 1-2

Pokaż tylko zmienne o odpowiedniej skali

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: P

Generuj plan Analizuj doświadczenie

Zmienne Plan z układami wadliwymi o niedokładnych wartościach górnych lub dolnych

Zależne: ZZ_1
Niezależne (czynniki): A-B
Zmienna blokowa: brak
Układy centrum: brak
Liczba różnych ukl. poza centrum: 4
Całkowita liczba układów: 12

Anuluj
Opcje

SELECT CASES 10 W



STATYSTICA – analiza eksperymentu (plan dwuwartościowy)

Analiza doświadczeń z dwuwartościowymi wielkościami wejściowymi: Plan kompletny

PODSUMOWANIE (plan standardowy): $2^{**}(2-0)$, Rozdzielcz.R=FULL
 Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 2
 Liczba układów (doświadczenie std.): 4
 Całkowita liczba układów w dośw.: 12
 Liczba bloków: 1
 Częściowe powtórzenia: **Kompletny**
 Liczba powtórzeń: 2

Zmienne: ZZ_1

Przeglądanie i zapis reszt | Wykresy reszt | Box-Cox | Predykcja i profile
 Podstawowe | Model | Plan | ANOVA, efekty | Średnie

ANOVA

Podsumowanie: **Oceny efektów** 1

Tabela ANOVA 2

Wykres Pareto efektów

Przewidywane (estymowane) średnie

Wykr. kwadratowy średnich aproks.
 Wykr. sześcienny średnich aproks.

Obszerowane średnie krańcowe

Wyświetl | Wykres średnich

Średnie wagi

Tu otrzymujemy wyniki dla bieżącego modelu, który można zmienić (dodając lub usuwając czynniki) na karcie Model.

dopasowanie $R^2 \approx 0,9$

Wydajność reakcji zależy od stężenia reagenta (A) i ilości katalizatora (B), nie zależy od ich interakcji

Dane: ANOVA; Zmn.:ZZ_1; $R^2=,90299$; Popr.,86662 (Plan k...

ANOVA; Zmn.:ZZ_1; $R^2=,90299$; Popr.,86662 (Plan k...
 $2^{**}(2-0)$ plan; Resztowy MS=3,916667
 ZZ ZZ_1

Wejśc.	SS	df	MS	F	p
(1)A	208,3333	1	208,3333	53,19149	0,000084
(2)B	75,0000	1	75,0000	19,14894	0,002362
1 wz.2	8,3333	1	8,3333	2,12766	0,182776
Błąd	31,3333	8	3,9167		
Całk. SS	323,0000	11			

Dane: Oceny efektów; Zmn.:ZZ_1; $R^2=,90299$; Popr.,86662 (Plan kompletny ([Brak źró...

Oceny efektów; Zmn.:ZZ_1; $R^2=,90299$; Popr.,86662 (Plan kompletny ([Brak źró...
 $2^{**}(2-0)$ plan; Resztowy MS=3,916667
 ZZ ZZ_1

Wejśc.	Efekt	Błąd std	t(8)	p	-95, % Gran. ufn	+95, % Gran. ufn
Średn./Stała	27,50000	0,571305	48,13545	0,000000	26,18257	28,81743
(1)A	8,33333	1,142609	7,29325	0,000084	5,69847	10,96819
(2)B	-5,00000	1,142609	-4,37595	0,002362	-7,63486	-2,36514
1 wz.2	1,66667	1,142609	1,45865	0,182776	-0,96819	4,30153

efekty

STATYSTICA – analiza eksperymentu (plan dwuwartościowy)

Analiza doświadczeń z dwuwartościowymi wielkościami wejściowymi: Plan kompletny ([B ? _ X])

PODSUMOWANIE (plan standardowy): $2^{2+(2-0)}$, Rozdzielcz.R=FULL
Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 2
Liczba układów (doświadczenie std.): 4
Całkowita liczba układów w dośw.: 12
Liczba bloków: 1
Częściowe powtórzenia: **Kompletny**
Liczba powtórzeń: 2

Zmiennie: ZZ_1 [Drukuj wyniki] [Wszystkie zm.]

Przeglądanie i zapis reszt Wykresy reszt Box-Cox Pr
Podstawowe Model Plan ANOVA, efekty

Włącz do modelu

- Bez interakcji
- Interakcje 2-czynnikowe
- Interakcje 3-czynnikowe
- Test krzywizny
- Ignoruj niektóre efekty
- [Efekty do zignorow.]

Wybierz efekty, które zostaną włączone do modelu. Wszystkie wyniki ANOVA, oceny efektów, wartości aproksymowane i resztowe itd. zostaną obliczone na podstawie tego modelu.

Składnik błędu ANOVA

- Resztowe SS
- Czysty błąd

We wszystkich testach istotności i przy obliczaniu błędów standardowych używany będzie składnik błędów.

[Profilowanie modelu]

Analiza doświadczeń z dwuwartościowymi wielkościami wejściowymi: Plan kompletny ([B ? _ X])

PODSUMOWANIE (plan standardowy): $2^{2+(2-0)}$, Rozdzielcz.R=FULL
Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 2
Liczba układów (doświadczenie std.): 4
Całkowita liczba układów w dośw.: 12
Liczba bloków: 1
Częściowe powtórzenia: **Kompletny**
Liczba powtórzeń: 2

Zmiennie: ZZ_1 [Drukuj wyniki] [Wszystkie zm.] [Podsum.]

Przeglądanie i zapis reszt Wykresy reszt Box-Cox Predykcja i profile Anuluj
Podstawowe Model Plan ANOVA, efekty Średnie

Włącz do modelu

- Bez interakcji
- Interakcje 2-czynnikowe
- Interakcje 3-czynnikowe
- Test krzywizny
- Ignoruj niektóre efekty
- [Efekty do zignorow.]

Wybierz efekty, które zostaną włączone do modelu. Wszystkie wyniki ANOVA, oceny efektów, wartości aproksymowane i resztowe itd. zostaną obliczone na podstawie tego modelu.

Składnik błędu ANOVA

- Resztowe SS
- Czysty błąd

We wszystkich testach istotności i przy obliczaniu błędów standardowych używany będzie składnik błędów.

[Profilowanie modelu]

[Opcje] [Grupami]



STATYSTICA – analiza eksperymentu (plan dwuwartościowy)

Analiza doświadczeń z dwuwartościowymi wielkościami wejściowymi: Plan kompletny ([B] ? _ ×)

PODSUMOWANIE (plan standardowy): 2**(2-0), Rozdzielcz.R=FULL
 Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 2
 Liczba układów (doświadczenie std.): 4
 Całkowita liczba układów w dośw.: 12
 Liczba bloków: 1
 Częściowe powtórzenia: **Kompletny**
 Liczba powtórzeń: 2

Zmienne: ZZ_1 [v] [Drukuj wyniki] [Wszystkie zmienne] [Podsum.]

Przeglądanie i zapis reszt | Wykresy reszt | Box-Cox | Predykcja i profile | Anuluj
 Podstawowe | Model | Plan | ANOVA, efekty | Średnie

Podsumowanie: **Oceny efektów** | Wykresy efektów
 Współczynniki regresji **1**
 Sortuj efekty wg wartości bezwzględnej
 Przedział ufności: 95,0 %
 Alfa (podświetlania): .050
 Tabela ANOVA **2**

Tu otrzymujemy wyniki dla bieżącego modelu, który można zmienić (dodając lub usuwając efekty interakcji) na karcie Model.

*po usunięciu interakcji
dopasowanie $R^2 \approx 0,88$*

Dane: ANOVA; Zmn.:ab; $R^2 = ,87719$; Popr.,8499 (Plan kom...

2 ANOVA; Zmn.:ab; $R^2 = ,87719$; Popr.,8499 (Plan komp 2**(2-0) plan; Resztowy MS=4,407407
ZZ ab: =A*B

Wejśc.	SS	df	MS	F	p
(1)A	208,3333	1	208,3333	47,26891	0,000073
(2)B	75,0000	1	75,0000	17,01681	0,002578
Błąd	39,6667	9	4,4074		
Całk. SS	323,0000	11			

Dane: Współcz. regresji ; Zmn.:ab; $R^2 = ,87719$; Popr.,8499 (Plan kompletny ([Bra

1 Współcz. regresji ; Zmn.:ab; $R^2 = ,87719$; Popr.,8499 (Plan kompletny ([Bra 2**(2-0) plan; Resztowy MS=4,407407
ZZ ab: =A*B

Wejśc.	Regresji Wsp.	Błąd std	t(9)	p	-95, % Gran.ufn	+95, % Gran.ufn
Średn./Stała	18,33333	3,090208	5,93272	0,000220	11,34280	25,32387
(1)A	0,83333	0,121208	6,87524	0,000073	0,55914	1,10752
(2)B	-5,00000	1,212079	-4,12514	0,002578	-7,74191	-2,25809

funkcja regresji:

wydajność = $18,33 + 0,83 A - 5 B$

STATYSTICA – analiza eksperymentu (plan dwuwartościowy)

Analiza doświadczeń z dwuwartościowymi wielkościami wejściowymi: Plan kompletny ([B] ? _ X)

PODSUMOWANIE (plan standardowy): $2^{**}(2-0)$, Rozdzielcz.R=FULL
Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 2
Liczba układów (doświadczenie std.): 4
Całkowita liczba układów w dośw.: 12
Liczba bloków: 1
Częściowe powtórzenia: **Kompletny**
Liczba powtórzeń: 2

Zmienne: ZZ_1

Drukuj wyniki Wszystkie zmienne

Podsum.

Podstawowe Model Plan ANOVA, efekty Średnie
Przeglądanie i zapis reszt Wykresy reszt Box-Cox Predykcja i profile

Anuluj

Wykreśl surowe reszty Wykreśl studentyzowane usunięte reszty

Opcje

Grupami

Histogramy

Histogram reszt
Histogram wart. aproksymowanych

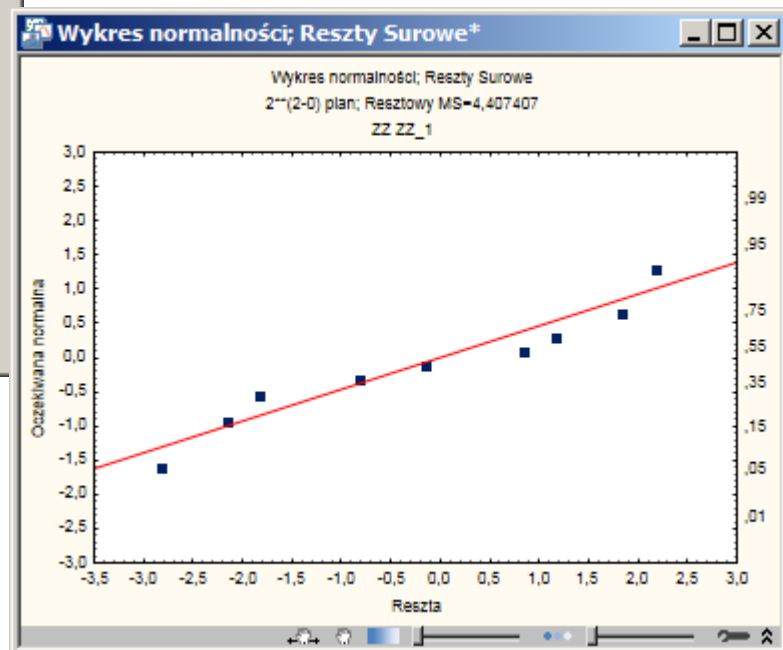
Wykresy rozrzutu

Reszty względem aproksymowanych
Aproksymowane wz. obserwowanych
Reszty względem obserwowanych
Reszty usunięte względem surowych
Reszty względem nr przypadków

Wykresy prawdopodobieństwa dla reszt

Wykres normalności **1**
Wykres normalności połówkowej
Wykres odchyżeń od normalności

Tu otrzymujemy wyniki dla bieżącego modelu, który można zmienić (dodając lub usuwając efekty interakcji) na karcie Model.



Wielkości wejściowe

W celu uniezależnienia się od interpretacji fizycznej poszczególnych wielkości wejściowych i zmniejszenia błędów wynikających z obliczeń numerycznych, rzeczywiste wielkości wejściowe:

$$x_{i \min} \leq x_i \leq x_{i \max},$$

są normowane:

$$-\alpha \leq t_i \leq \alpha, \quad \alpha - \text{ramię gwiazdne.}$$

W celu unormowania zmiennej wyznacza się jej średnią wartość \bar{x}_i i jednostkę zmienności Δx_i :

$$\bar{x}_i = \frac{x_{i \max} + x_{i \min}}{2}, \quad \Delta x_i = \frac{x_{i \max} - \bar{x}_i}{\alpha}.$$

Przeliczanie pomiędzy wartościami rzeczywistymi a unormowanymi umożliwiają wzory:

$$t_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\Delta x_i}, \quad x_i = \bar{x}_i + t_i \Delta x_i.$$

Własności macierzy wejść

- symetria doświadczeń względem środka eksperymentu:

$$\sum_{i=1}^n t_{ij} = 0, \quad j = 1, 2, \dots, p. \quad (1)$$

- ortogonalność (kolumny macierzy eksperymentu są ortogonalne):

$$\sum_{i=1}^n t_{ij} t_{ik} = 0, \quad j \neq k, \quad j, k = 0, 1, \dots, p. \quad (2)$$

- równość sum kwadratów we wszystkich kolumnach macierzy eksperymentu:

$$\sum_{i=1}^n t_{ij}^2 = n, \quad j = 0, 1, \dots, p. \quad (3)$$

$$\mathbf{T} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$\underbrace{\quad}_a \quad \underbrace{\quad}_b \quad \underbrace{\quad}_c \quad \underbrace{\quad}_{ab} \quad \underbrace{\quad}_{ac} \quad \underbrace{\quad}_{bc} \quad \underbrace{\quad}_{abc}$

- dla macierzy wejść spełniona jest zależność:

$$\sum t_{ij}^2 = n, \quad \sum t_{ij} t_{ik} = 0$$

$$\mathbf{T}^T \mathbf{T} = \begin{bmatrix} t_{10} & t_{20} & \dots & t_{n0} \\ t_{11} & t_{21} & \dots & t_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{1p} & t_{2p} & \dots & t_{np} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_{10} & t_{11} & \dots & t_{1p} \\ t_{20} & t_{21} & \dots & t_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{n0} & t_{n1} & \dots & t_{np} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum t_{i0}^2 & \sum t_{i0}t_{i1} & \dots & \sum t_{i0}t_{ip} \\ \sum t_{i1}t_{i0} & \sum t_{i1}^2 & \dots & \sum t_{i1}t_{ip} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum t_{ip}t_{i0} & \sum t_{ip}t_{i1} & \dots & \sum t_{ip}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & 0 & \dots & 0 \\ 0 & n & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & n \end{bmatrix} = n\mathbf{I},$$

- wykorzystując powyższą zależność można znacznie uprościć sposób wyznaczania parametrów funkcji aproksymującej:

$$\hat{\mathbf{b}} = (\mathbf{T}^T \mathbf{T})^{-1} \mathbf{T}^T \mathbf{y}, \quad \Rightarrow \quad \hat{\mathbf{b}} = (n\mathbf{I})^{-1} \mathbf{T}^T \mathbf{y}, \quad \Rightarrow \quad \hat{\mathbf{b}} = \frac{1}{n} \mathbf{T}^T \mathbf{y}.$$

STATYSTICA – analiza eksperymentu (plan dwuwartościowy, zmienne normowane)

wykład_08.stw - Plan kompletny (...)

Układ	Plan kompletny ([Brak źródła danych])		
	A	B	ZZ 1
1	15,00000	1,000000	28,00
2	15,00000	1,000000	25,00
3	15,00000	1,000000	27,00
4	15,00000	2,000000	18,00
5	15,00000	2,000000	19,00
6	15,00000	2,000000	23,00
7	25,00000	1,000000	36,00
8	25,00000	1,000000	32,00
9	25,00000	1,000000	32,00
10	25,00000	2,000000	31,00
11	25,00000	2,000000	30,00
12	25,00000	2,000000	29,00

zmienne wejściowe rzeczywiste i normowane

wykład_08.stw - dane1

Układ	Plan kompletny (dane1 w wykład_08.stw)		
	a	b	Y
1	-1,00000	-1,00000	28,00
2	-1,00000	-1,00000	25,00
3	-1,00000	-1,00000	27,00
4	-1,00000	1,00000	18,00
5	-1,00000	1,00000	19,00
6	-1,00000	1,00000	23,00
7	1,00000	-1,00000	36,00
8	1,00000	-1,00000	32,00
9	1,00000	-1,00000	32,00
10	1,00000	1,00000	31,00
11	1,00000	1,00000	30,00
12	1,00000	1,00000	29,00

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: d[?]

Generuj plan Analizuj doświadczenie

Zmienne Plan z układami wadliwymi o niedokładnych wartościach górnych lub dolnych

Zależne: Y

Niezależne (czynniki): a-b

Zmienna blokowa: brak

Układy centrum: brak

Liczba różnych ukl. poza centrum: 4

Całkowita liczba układów: 12

OK Anuluj Opcje

Wybierz wielkości wyjściowe, wejściowe i (opcjonalnie) zmienną blokową

1 - a 2 - b 3 - Y	1 - a 2 - b 3 - Y	1 - a 2 - b 3 - Y
-------------------------	-------------------------	-------------------------

Rozwiń Przybliż Rozwiń Przybliż Rozwiń Przybliż

Wielk. wyjściowe: Wielk. wejściowe: Zmienna blokowa:

3 1-2

Pokazuj tylko zmienne o odpowiedniej skali

OK Anuluj [Zestawy]...

Włącz opcję "Pokazuj tylko zmienne o odpowiedniej skali" aby na listach, w zależności od potrzeby, pojawiały się tylko zmienne jakościowe albo ilościowe. Naciśnij F1 aby uzyskać więcej informacji.



STATYSTICA – analiza eksperymentu (plan dwuwartościowy)

Analiza doświadczeń z dwuwartościowymi wielkościami wejściowymi: dane1 w wyklad_08

PODSUMOWANIE (plan standardowy): 2**(2-0), Rozdzielcz.R=FULL
 Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 2
 Liczba układów (doświadczenie std.): 4
 Całkowita liczba układów w dośw.: 12
 Liczba bloków: 1
 Częściowe powtórzenia: **Kompletny**
 Liczba powtórzeń: 2

Zmienne: Y

Przeglądanie i zapis reszt Wykresy reszt Box-Cox Predykcja i profile
 Podstawowe Model Plan ANOVA, efekty Średnie

Podsumowanie: Oceny efektów
 Współczynniki regresji **1**
 Sortuj efekty wg wartości bezwzględnej
 Przedział ufności: 95,0 %
 Alfa (podświetlania): .050
 Tabela ANOVA **2**

Wykresy efektów
 Wykres normalności
 Wykres normalności połówkowej
 Wykres Pareto
 Etykiety na wyk. normalności
 Wyłącz efekty blokowe
 Wykreślaj efekty standaryzowane

Tu otrzymujemy wyniki dla bieżącego modelu, który można zmienić (dodając lub usuwając efekty interakcji) na karcie Model.

wyniki identyczne jak dla analizy dla rzeczywistych wartości wejściowych (slajd 17.)

Dane: ANOVA; Zmn.:ab; R^2= ,87719;Popr.,8499 (Plan kom...

2 ANOVA; Zmn.:ab; R^2= ,87719;Popr.,8499 (Plan komp 2**(2-0) plan; Resztowy MS=4,407407
 ZZ ab: =A*B

Wejśc.	SS	df	MS	F	p
(1)A	208,3333	1	208,3333	47,26891	0,000073
(2)B	75,0000	1	75,0000	17,01681	0,002578
Błąd	39,6667	9	4,4074		
Całk. SS	323,0000	11			

Dane: Współcz. regresji ; Zmn.:Y; R^2= ,87719;Popr.,8499 (dane1 w wyklad_08.stw)

1 Współcz. regresji ; Zmn.:Y; R^2= ,87719;Popr.,8499 (dane1 w wyklad_08.s 2**(2-0) plan; Resztowy MS=4,407407
 ZZ Y

Wejśc.	Regresji Wsp.	Błąd std	t(9)	p	-95, % Gran.ufn	+95, % Gran.ufn
Średn./Stała	27,50000	0,606040	45,37658	0,000000	26,12904	28,87096
(1)A	4,16667	0,606040	6,87524	0,000073	2,79571	5,53762
(2)B	-2,50000	0,606040	-4,12514	0,002578	-3,87096	-1,12904

funkcja regresji:

$$\text{wydajność} = 27,5 + 4,17 a - 2,5 b$$

Przykład 1.cd. Slajdy 17. i 23. przedstawiają wyniki analizy eksperymentu otrzymane dla rzeczywistych i normowanych wartości wejściowych – analiza wariancji dała w obydwu przypadkach identyczne wyniki, wyznaczone zostały 2 różne funkcje regresji.

Dla wartości rzeczywistych wyznaczona została funkcja:

$$\text{wydajność} = 18,3333 + 0,8333 A - 5 B,$$

a dla wartości normowanych:

$$\text{wydajność} = 27,5 + 4,17 a - 2,5 b.$$

Biorąc po uwagę, że:

$$\begin{aligned}\bar{A} &= \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2} = \frac{25+15}{2} = 20, & \Delta A &= \frac{A_{\max} - \bar{A}}{\alpha} = \frac{25-20}{1} = 5, \\ \bar{B} &= \frac{B_{\max} + B_{\min}}{2} = \frac{2+1}{2} = 1,5, & \Delta B &= \frac{B_{\max} - \bar{B}}{\alpha} = \frac{2-1,5}{1} = 0,5,\end{aligned}$$

można łatwo pokazać, że otrzymane wyniki są równoważne. Wartości rzeczywiste można przeliczyć na normowane wykorzystując zależności:

$$A = \bar{A} + a\Delta A, \quad B = \bar{B} + b\Delta B,$$

$$\text{wydajność} = 18,3333 + 0,8333A - 5B = 18,3333 + 0,8333(20+5a) - 5(1,5+0,5b) = 27,5 + 4,17a - 2,5b. \quad \blacksquare$$

Plany typu 2^m – liczba doświadczeń

Liczba doświadczeń planów kompletnych 2^m gwałtownie wzrasta wraz z liczbą wielkości wejściowych:

m	2	3	4	5	6	7	...	10	...	30	...
n	4	8	16	32	64	128	..	1024	...	1 073 741 824	...

Plany ułamkowe

Jeśli liczba parametrów aproksymowanej funkcji jest mniejsza od 2^m to zamiast planu kompletnego można zastosować:

plan ułamkowy typu 2^{m-k} ,

gdzie: k – liczba naturalna dobrana tak aby $n = 2^{m-k}$ doświadczeń pozwoliło na wyznaczenie parametrów funkcji, jeśli:

- $k = 1$ – plan jest nazywany *połówkowym*,
- $k = 2$ – *ćwiartkowym*.

Plany eksperymentów ułamkowych tworzone są w taki sposób aby spełnione były warunki (slajd 20.): symetrii (1), ortogonalności (2) i równości sum kwadratów (3).

W celu ograniczenia liczby doświadczeń planu kompletnego można przyjąć np. że wybrana normowana zmienna wejściowa odpowiada współdziałaniu innych zmiennych wejściowych.

Przykład 2. W przypadku funkcji aproksymującej:

$$\hat{y} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 t_1 + \hat{b}_2 t_2 + \hat{b}_3 t_3.$$

można, dla wielkości normowanych założyć, że np.:

$$t_3 = t_1 t_2.$$

Powyższa zależność nazywana jest *funkcją generującą* planu. Mnożąc obydwie strony równania przez t_3 można ją zapisać w postaci tzw. *równania charakterystycznego* lub *kontrastu*:

$$t_1 t_2 t_3 = 1.$$

Po zastosowaniu *funkcji generującej*, funkcję obiektu można zapisać w postaci:

$$\hat{y} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 t_1 + \hat{b}_2 t_2 + \hat{b}_3 t_1 t_2.$$

Pozwala to ograniczyć liczbę 8 doświadczeń planu kompletnego (pierwotnie funkcja była zależna od 3 zmiennych, $2^3=8$) do 4 (2^2).

Lp.	2^3			2^3 $t_1 t_2 t_3 = 1$			2^3 $t_1 t_2 = -1$		
	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3
1	-	-	-	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2	-	-	+	-	-	+	-----	-----	-----
3	-	+	-	-	+	-	-	+	-
4	-	+	+	-----	-----	-----	-	+	+
5	+	-	-	+	-	-	+	-	-
6	+	-	+	-----	-----	-----	+	-	+
7	+	+	-	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8	+	+	+	+	+	+	-----	-----	-----

Macierze planów:

- kompletnego 2^3 ,
- ułamkowego 2^{3-1} dla funkcji generującej $t_1 t_2 t_3 = 1$
- ułamkowego 2^{3-1} dla funkcji generującej $t_1 t_2 = -1$ (plan nie spełnia warunku ortogonalności).

W macierzach planów ułamkowych wykreślone zostały doświadczenia wyeliminowane po zastosowaniu funkcji generującej.

Przykład 2.cd. Przyjęty plan połówkowy zmniejsza do 4 liczbę doświadczeń niezbędnych do wyznaczenia parametrów funkcji:

$$\hat{y} = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 t_1 + \hat{b}_2 t_2 + \hat{b}_3 t_3.$$

Pierwotna funkcja dla 3 wielkości wejściowych zawierała również interakcje tych wielkości:

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 t_1 + \hat{\beta}_2 t_2 + \hat{\beta}_3 t_3 + \hat{\beta}_{12} t_1 t_2 + \hat{\beta}_{13} t_1 t_3 + \hat{\beta}_{23} t_2 t_3 + \hat{\beta}_{123} t_1 t_2 t_3.$$

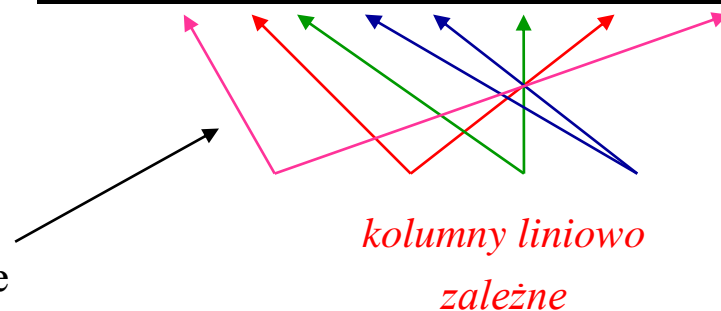
Z macierzy planu wynika, że poszukiwane parametry

b stanowią łączne oszacowanie parametrów

$$\begin{aligned} \hat{b}_0 &= \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_{123}, \\ \hat{b}_1 &= \hat{\beta}_1 + \hat{\beta}_{23}, \\ \hat{b}_2 &= \hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_{13}, \\ \hat{b}_3 &= \hat{\beta}_3 + \hat{\beta}_{12}. \end{aligned}$$

Lp.	t_0	t_1	t_2	t_3	$t_1 t_2$	$t_1 t_3$	$t_2 t_3$	$t_1 t_2 t_3$
1	+	-	-	+	+	-	-	+
2	+	-	+	-	-	+	-	+
3	+	+	-	-	-	-	+	+
4	+	+	+	+	+	+	+	+

Zależności te opisują *strukturę uwikłania interakcji* w przyjętym planie ułamkowym. Plan eksperymentu ma *rozdzielczość III*.



Można zauważyć, że: *kontrast* jest to oddziaływanie, które jest *uwikłane ze składową stałą*.



Rozdzielczość planu

Plan ma rozdzielczość R , jeśli żadna l -czynnikowa interakcja nie jest uwikłana z żadną interakcją rzędu niższego niż $R - l$.

W planach o rozdzielczości:

- **III** – efekty główne nie są uwikłane z innymi efektami głównymi ale są uwikłane z interakcjami dwuczynnikowymi,
- **IV** – efekty główne nie są uwikłane z innymi efektami głównymi i nie są uwikłane z interakcjami dwuczynnikowymi ale interakcje dwuczynnikowe są uwikłane między sobą,
- **V** – efekty główne i interakcje dwuczynnikowe nie są uwikłane z innymi efektami głównymi i z interakcjami dwuczynnikowymi ale interakcje dwuczynnikowe są uwikłane z interakcjami trójczynnikowymi.

Uwaga!

Maksymalizacja rozdzielczości planu związana jest z poszukiwaniem planów o maksymalnym niewikłaniu. Plany o wysokich rozdzielczościach otrzymuje się wykorzystując interakcje najwyższych rzędów w charakterze funkcji generujących. Dwa plany o tej samej rozdzielczości mogą się różnić liczbą uwikłanych interakcji niższych rzędów, stąd dobór funkcji generujących powinien zapewniać nie tylko maksymalizację rozdzielczości ale również maksymalizację niewikłania.

STATYSTICA – plan ułamkowy

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: d: ? _ x

Generuj plan | Analizuj doświadczenie | OK

Liczba wielkości wejściowych (min=2, maks=11): 3

Wielkości wejściowe/bloki/układy:

3/1/4
3/1/8
3/2/8
3/4/8

Należy tu rodzaj planu dodatkowy mogą być następnymi frakcyjnymi można użyć Planu eli dwuwartościowego

Rozdzielczość: III

Generuj plan o kolejności wg Boxa, H...

plan o rozdzielczości III

Planowanie doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: dane1 w wyklad_08.stw ? _ x

PODSUMOWANIE (plan standardowy): 2**(3-1) Plan o rozdzielczości R= III

Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 3
Liczba układów (pomiarów): 4
Liczba bloków: 1
Częściowe powtórzenia: 1/2 frakcyjny

Dane: Plan: 2**(3-1)...

Standard Układ	Plan: 2**(3-1) plan		
	A	B	C
1	-1	-1	1
2	-1	1	-1
3	1	-1	-1
4	1	1	1

funkcja generująca:

Podstawowe | Wyświetl plan | Dodaj do planu | Generatory i zamienniki

Zamienniki efektów głównych ① | Generatory planów frakcyjnych ③

Macierz zamienników ② | Generatory zmiennych blokowych

Anuluj

Opcje

$t_3 = t_1 t_2$

Dane: Generato...

Wejściowa	Generatory 2**(3-1) plan (Wielk. wejś Zamien.)
3	12

Dane: Rów...

① Wejściowa	Równoważnik 2**(3-1) plan
	ABC
A	BC
B	AC
C	AB
AB	C
AC	B
BC	A

Dane: Równowa...

① Wejściowa	Zamien. 1
A	2*3
B	1*3
C	1*2

efekty główne uwikłane z interakcjami dwuczynnikowymi

Dane: Macierz zamienników (dane1 w wyklad_08.stw...)

② Wejściowa	Macierz zamienników (dane1 w wyklad_08.stw) 2**(3-1) plan					
	A	B	C	1*2	1*3	2*3
A	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
B	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
C	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
1*2	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
1*3	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
2*3	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

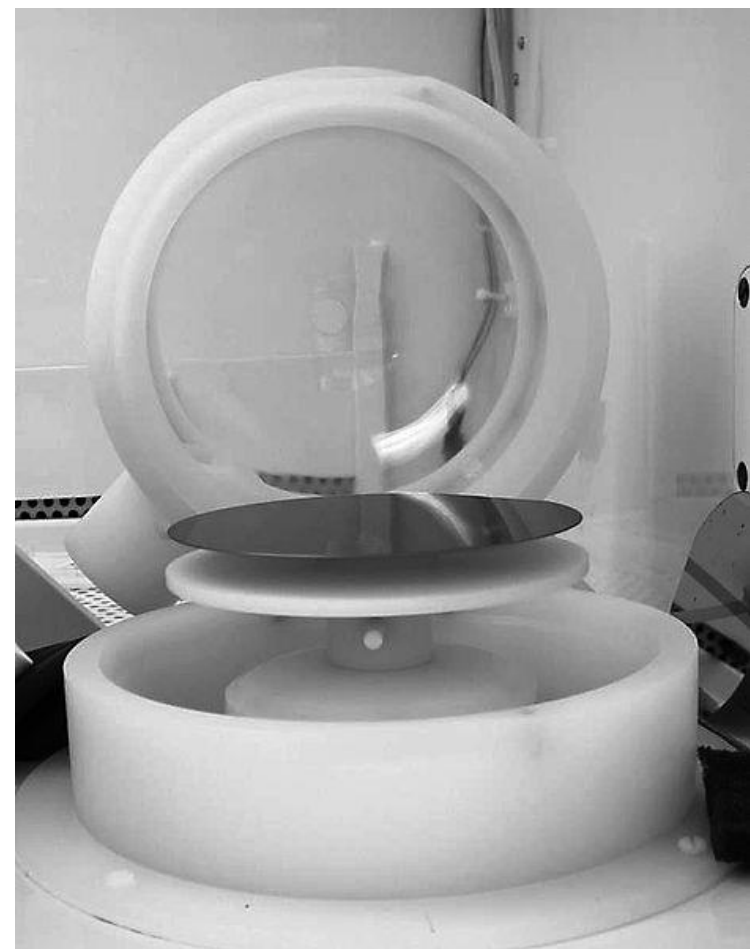
*Przykład 2.**

W eksperymencie badano proces powlekania z użyciem powlekaacza obrotowego. Z fizycznej analizy procesu wynika, że na jego przebieg wpływ ma powodująca przepływ siła odśrodkowa, siły przylegania, napięcie powierzchniowe, a także proporcja substancji powlekającej i rozpuszczalnika. W eksperymencie zbadano wpływ 6 czynników:

- A. prędkość wirowania (*ang. spin speed*),
- B. przyspieszenie (*ang. acceleration*),
- C. ilość substancji powlekającej (*ang. volume of resist applied*),
- D. czas wirowania (*ang. spin time*),
- E. lepkość substancji (*ang. resist viscosity*),
- F. (*ang. exhaust rate*).

Doświadczenia przeprowadzono wg planu ułamkowego 2^{6-2} o rozdzielczości IV.

*Montgomery D. C., *Design and Analysis of Experiments*, Wiley, 2012



Spin coater produkcji Laurell Technologies, używany do nanoszenia warstw światłoczułych na powierzchni płytek krzemowych

Źródło: HP Labs by Alison Chaiken.

STATYSTICA – plan ułamkowe

Planowanie i analizowanie doświadczeń: [Brak źródła danych]

Podstawowe Więcej

- Plany dwuwartościowe 2^{k-p}
- Plany eliminacyjne 2-wartościowe (Placketta-Burmana)
- 2^{k-p} maksymalnie niuwickłane i o najmn. aberracji
- Plany 3^{k-p} i Boxa-Behnkena
- Plany dla wielkości dwu- i trójwarto
- Plany centralne kompozycyjne (por
- Kwadraty łacińskie, kwadraty grec
- Doświadczenie wg metody Taguch
- Plany dla mieszanin i powierzchni
- Plany dla ograniczonych powierzch
- Plany D i A (T) optymalne
- D-optymalny plan rozszczepionych
- Analiza D-optymalnego planu rozs
- Konstruktor planów (beta)
- Plan kompletny

OK

Anuluj

Opcje

Pełne plany czynnikowe, modele za-

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: [Brak źródła danych]

Generuj plan | Analizuj doświadczenie

OK

Anuluj

Liczba wielkości wejściowych (min=2, maks=11): 6

Wielkości wejściowe/bloki/układy:

6 / 1 / 8	6 / 16 / 64
6 / 1 / 16	6 / 32 / 64
6 / 1 / 32	
6 / 2 / 32	
6 / 1 / 64	
6 / 2 / 64	
6 / 4 / 64	
6 / 8 / 64	

Rozdzielczość: IV

Generuj plan o kolejności wg Box

Planowanie doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: [Brak źródła danych]

PODSUMOWANIE (plan standardowy): $2^{k-p}(6-2)$ Plan o rozdzielczości R= IV

Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 6

Liczba układów (pomiarów): 16

Liczba bloków: 1

Częściowe powtórzenia: 1/4 frakcyjny

Podstawowe Wyświetl plan Dodaj do planu Generatory i zamienniki

Podsum.

Anuluj

Opcje

Dodaj do planu

Liczba powtórzeń całościowych: 0

Liczba układów centrum (na blok): 0

Liczba pustych kolumn (zm. zal.): 1

Składanie planu (poprawa rozdzielczości)

Aby zapisać plan użyj opcji "Wyświetl plan", jeżeli to konieczne zmodyfikuj plan, a następnie zapisz arkusz.



STATYSTICA – plan ułamkowe

Planowanie i analizowanie doświadczeń: [Brak źródła danych] ? _ | X

Podstawowe Więcej OK Anuluj

Plany dwuwartościowe 2**(K-p)

Plany 2**(K-p)

Plany

Plany

Plany

Kwad

Dośw

Plany

Plany

Plany

D-opt

Analiz

Konst

Plan k

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: [? _ | X]

Generuj plan | Analizuj doświadczenie | OK Anuluj Opcje

Liczba wielkości wejściowych (min=2, maks=11): 6

Wielkości wejściowe/bloki/układy:

6 / 1 / 8 6 / 16 / 64
 6 / 1 / 16 6 / 32 / 64
 6 / 1 / 32
 6 / 2 / 32
 6 / 1 / 64
 6 / 2 / 64
 6 / 4 / 64
 6 / 8 / 64

Należy tu wybrać standardowy rodzaj planu; powtórzenia, dodatkowe układy, struktury itd.

Rozdzielczość: IV

Generuj plan o kol

Planowanie doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: [? _ | X]

PODSUMOWANIE (plan standardowy): 2**(6-2) Plan o rozdzie

Liczba wielkości wejściowych (zm.niezał.): 6
 Liczba układów (pomiarów): 16
 Liczba bloków: 1
 Częściowe powtórzenia: 1/4 frakcyjny

Podstawowe Wyświetl plan | Dodaj do planu | Generatory i zamienniki

Wyświetl, drukuj, zapisz plan

Podsumowanie: Wyświetl plan Zmień nazwy, wartości itd.

Oznacz wielkości

Liczbami

Literami

Nazwami

Kolejność układów

Standardowa

Losowa

Blokami

Posiew: 6154972

Pokaż (w arkuszu)

Liczby (+1, -1)

Mjnimia/maksima

Wartości tekstowe

Aby zapisać plan użyj opcji "Wyświetl plan", jeżeli to konieczne zmodyfikuj plan, a następnie zap

wyklad_08.stw - dane2

Stanc	Plan: 2**(6-2) plan (dane2 w wyklad_08.stw)							Uklac
	A	B	C	D	E	F	Y	
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4524	
2	-1	-1	-1	1	-1	1	4521	
3	-1	-1	1	-1	1	1	4508	
4	-1	-1	1	1	1	-1	4487	
5	-1	1	-1	-1	1	1	4293	
6	-1	1	-1	1	1	-1	4295	
7	-1	1	1	-1	-1	-1	4197	
8	-1	1	1	1	-1	1	4195	
9	1	-1	-1	-1	1	-1	4657	
10	1	-1	-1	1	1	1	4610	
11	1	-1	1	-1	-1	1	4432	
12	1	-1	1	1	-1	-1	4485	
13	1	1	-1	-1	-1	1	4516	
14	1	1	-1	1	-1	-1	4560	
15	1	1	1	-1	1	-1	4515	
16	1	1	1	1	1	1	4510	

dane1 dane1 dane1 dane2

STATYSTICA – plan ułamkowe

Planowanie i analizowanie doświadczeń: [Brak źródła danych]

Podstawowe Więcej

- Plany dwuwartościowe 2^k(K-p)
- Plany eliminacyjne 2-wartościowe (Placketta-Burmana)
- 2^k(K-p) maksymalnie niuwikłane i o najmn. aberracji
- Plany 3^k(K-p) i Boxa-Behnkena
- Plany dla wielkości dwu- i trójwartościowych
- Plany centralne kompozycyjne
- Kwadraty łacińskie, kwadraty
- Doświadczenie wg metody Taguchi
- Plany dla mieszanin i powierzc
- Plany dla ograniczonych powie
- Plany D i A (T) optymalne
- D-optymalny plan rozszczepio
- Analiza D-optymalnego planu
- Konstruktor planów (beta)
- Plan kompletny

OK

Anuluj

Opcje

Pełne plany czynnikowe, modele zagnieźdzone hierarchicznie, plany nie-

Planowanie i analiza doświadczeń dla wielkości dwuwartościowych: d

Generuj plan Analizuj doświadczenie

Zmienne Plan z układami wadliwymi o niedokładnych wartościach górnych lub dolnych

Zależne: brak

Niezależne (czynniki): brak

Zmienna blokowa: brak

Układy centrum: brak

Liczba różnych ukl. poza centrum: brak

Całkowita liczba układów: brak

OK

Anuluj

Opcje

Wybierz wielkości wyjściowe, wejściowe i (opcjonalnie) zmienną blokową

1 - A	1 - A	1 - A
2 - B	2 - B	2 - B
3 - C	3 - C	3 - C
4 - D	4 - D	4 - D
5 - E	5 - E	5 - E
6 - F	6 - F	6 - F
7 - Y	7 - Y	7 - Y

Rozwiń Przybliż Rozwiń Przybliż Rozwiń Przybliż

Wielk. wyjściowe: 7 Wielk. wejściowe: 1-6 Zmienna blokowa:

Pokazuj tylko zmienne o odpowiedniej skali

OK

Anuluj

[Zestawy]...

Włącz opcję "Pokazuj tylko zmienne o odpowiedniej skali" aby na listach, w zależności od potrzeby, pojawiały się tylko zmienne jakościowe albo ilościowe. Naciśnij F1 aby uzyskać więcej informacji.



STATISTICA – plan ułamkowe

The screenshot displays the STATISTICA software interface for a fractional factorial design. The main window shows the 'ANOVA, efekty' tab with various options for displaying results and coefficients. A warning dialog box is open, indicating that the design matrix is singular. A separate window shows the list of effects, with a red circle highlighting the main effects.

Podsumowanie (plan standardowy): 2^{6-2} , Rozdzielcz.R=IV
Liczba wielkości wejściowych (zm.niezal.): 6
Liczba układów (doświadczenie std.): 16
Całkowita liczba układów w dośw.: 16
Liczba bloków: 1
Częściowe powtórzenia: 1/4 frakcyjny

Wykresy efektów:
Wykres normalności (1)
Wykres normalności połówkowej (2)
Wykres Pareto (3)

STATISTICA
Macierz X'X jest osobliwa i nie można jej odwrócić. Kliknij OK jeżeli chcesz przejrzeć uwikłanie efektów i obliczyć wyniki dla wszystkich estymowalnych efektów (pośród wybranych). Zauważ, że nie wszystkie sumy kwadratów są różne.

Lista efektów:

Id	Opis
1	2*3
2	2*5
3	3*4
4	3*5
5	3*6
6	4*5
7	4*6
8	5*6

Efekty nadmiarowe, te efekty są liniową kombinacją innych efektów i nie mogą być oszacowane

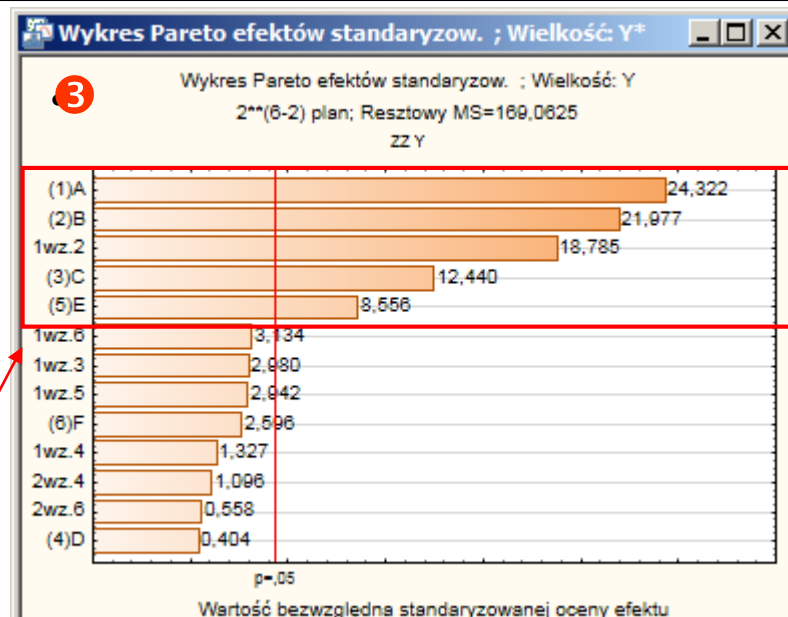


STATYSTICA – plan uławkowe

Dane: Oceny efektów ; Zmn.:Y; R^2= ,99882;Popr.,99115 (...)

Oceny efektów ; Zmn.:Y; R^2= ,99882;Popr.,99115
2**(6-2) plan; Resztowy MS=169,0625
ZZ Y

Wejśc.	Efekt	Błąd std	t(2)	p
Średn./Stała	4456,563	3,250601	1370,997	0,000001
(1)A	158,125	6,501202	24,322	0,001686
(2)B	-142,875	6,501202	-21,977	0,002064
(3)C	-80,875	6,501202	-12,440	0,006400
(4)D	2,625	6,501202	0,404	0,725461
(5)E	55,625	6,501202	8,556	0,013386
(6)F	-16,875	6,501202	-2,596	0,121876
1 wz.2	122,125	6,501202	18,785	0,002822
1 wz.3	-19,375	6,501202	-2,980	0,096559
1 wz.4	8,625	6,501202	1,327	0,315825
1 wz.5	19,125	6,501202	2,942	0,098736
1 wz.6	-20,375	6,501202	-3,134	0,088503
2 wz.4	7,125	6,501202	1,096	0,387451
2 wz.6	3,625	6,501202	0,558	0,633205



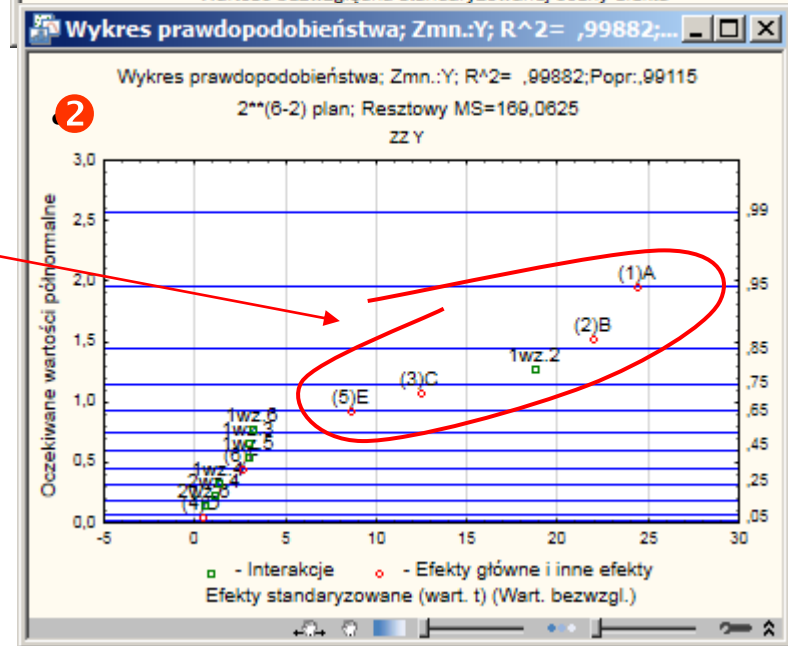
Dane: Uwikłanie efektów...

Uwikłanie efektów (dane)

Wejśc.	Zamien. 1	Zamien. 2
(1)A		
(2)B		
(3)C		
(4)D		
(5)E		
(6)F		
1 wz.2	3*5	
1 wz.3	2*5	
1 wz.4	5*6	
1 wz.5	2*3	4*6
1 wz.6	4*5	
2 wz.4	3*6	
2 wz.6	3*4	

*Istotne efekty i interakcje:
A, B, C, E, AB*

interakcja AB jest uwikłana z CE



STATYSTICA – plan uławkowe

W celu rozdzielenia uwikłania interakcji AB i CE zastosowano składowanie planu eksperymentu:

pierwotny plan został zdublowany z jednoczesną modyfikacją poziomu czynnika A na przeciwny,

po przeprowadzeniu 16 nowych doświadczeń ponownie przeprowadzono analizę wyników eksperymentu

Stanc	Plan: 2**(6-2) plan (dane2 w wykład_08.stw)						
Układ	A	B	C	D	E	F	Y
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4524
2	-1	-1	-1	1	-1	1	4521
3	-1	-1	1	-1	1	1	4508
4	-1	-1	1	1	1	-1	4487
5	-1	1	-1	-1	1	1	4293
6	-1	1	-1	1	1	-1	4295
7	-1	1	1	-1	-1	-1	4197
8	-1	1	1	1	-1	1	4195
9	1	-1	-1	-1	1	-1	4657
10	1	-1	-1	1	1	1	4610
11	1	-1	1	-1	-1	1	4432
12	1	-1	1	1	-1	-1	4485
13	1	1	-1	-1	-1	1	4516
14	1	1	-1	1	-1	-1	4560
15	1	1	1	-1	1	-1	4515
16	1	1	1	1	1	1	4510

Stanc	Plan: 2**(6-2) plan (dane1 w wykład_08.stw)						
Układ	A	B	C	D	E	F	Y
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	4524
2	-1	-1	-1	1	-1	1	4521
3	-1	-1	1	-1	1	1	4508
4	-1	-1	1	1	1	-1	4487
5	-1	1	-1	-1	1	1	4293
6	-1	1	-1	1	1	-1	4295
7	-1	1	1	-1	-1	-1	4197
8	-1	1	1	1	-1	1	4195
9	1	-1	-1	-1	1	-1	4657
10	1	-1	-1	1	1	1	4610
11	1	-1	1	-1	-1	1	4432
12	1	-1	1	1	-1	-1	4485
13	1	1	-1	-1	-1	1	4516
14	1	1	-1	1	-1	-1	4560
15	1	1	1	-1	1	-1	4515
16	1	1	1	1	1	1	4510
17	1	-1	-1	-1	-1	-1	4615
18	1	-1	-1	1	-1	1	4655
19	1	-1	1	-1	1	1	4610
20	1	-1	1	1	1	-1	4620
21	1	1	-1	-1	1	1	4475
22	1	1	-1	1	1	-1	4485
23	1	1	1	-1	-1	-1	4330
24	1	1	1	1	-1	1	4345
25	-1	-1	-1	-1	1	-1	4445
26	-1	-1	-1	1	1	1	4525
27	-1	-1	1	-1	-1	1	4325
28	-1	-1	1	1	-1	-1	4335
29	-1	1	-1	-1	-1	1	4285
30	-1	1	-1	1	-1	-1	4310
31	-1	1	1	-1	1	-1	4425
32	-1	1	1	1	1	1	4305

STATISTICA – plan ułamkowe

Analiza doświadczeń z dwuwartościowymi wielkościami wejściowymi: dane2 w wyklad_08

PODSUMOWANIE:
Liczba wielkości wejśc.:
Całkowita liczba układów:
Liczba bloków: 1

Zmienna: Y

Przeglądanie i zapis reszt | Wykresy reszt | Box-Cox | Predykcja i profile
Podstawowe | Model | Plan | ANOVA, efekty | Średnie

Podsumowanie: **1** Oceny efektów

Współczynniki regresji

Sortuj efekty wg wartości bezwzględnej

Przedział ufności: 95.0 %

Alfa (podświetlania): .050

Wykresy efektów

Wykres normalności **2**

Wykres normalności połówkowej **2**

Wykres Pareto **3**

Etykiety na wykr. normalności

STATISTICA

1 Macierz X'X jest osobliwa i nie można jej odwrócić. Kliknij OK jeżeli chcesz przejrzeć uwikłanie efektów i obliczyć wyniki dla wszystkich estymowalnych efektów (pośród wybranych). Zauważ, że nie wszystkie sumy kwadratów są różne.

OK | Anuluj

Da... | **1** Efekty nadmiarowe: Te efekty i innych efektów

	Efekt
1	3*4
2	3*6
3	4*6

Efekty nadmiarowe, te efekty są liniową kombinacją innych efektów i nie mogą być oszacowane



STATYSTICA – plan uławkowe

Dane: Oceny efektów ; Zmn.:Y; R²= ,97545; Popr.,94147 (...)

1 Oceny efektów ; Zmn.:Y; R²= ,97545; Popr.,94147
6 wielkości dla 2 wart.; Resztowy MS=1021,897
ZZ Y

Wejśc.	Efekt	Błąd std	t(13)	p
Średn./Stała	4449,844	5,65104	787,4378	0,000000
(1)A	152,813	11,30208	13,5207	0,000000
(2)B	-144,563	11,30208	-12,7908	0,000000
(3)C	-71,687	11,30208	-6,3429	0,000026
(4)D	5,687	11,30208	0,5032	0,623224
(5)E	70,937	11,30208	6,2765	0,000028
(6)F	-10,937	11,30208	-0,9677	0,350833
1 wz. 2	26,063	11,30208	2,3060	0,038231
1 wz. 3	-19,062	11,30208	-1,6866	0,115508
1 wz. 4	9,313	11,30208	0,8240	0,424820
1 wz. 5	-2,938	11,30208	-0,2599	0,799006
1 wz. 6	-3,313	11,30208	-0,2931	0,774081
2 wz. 3	22,063	11,30208	1,9521	0,072808
2 wz. 4	-9,562	11,30208	-0,8461	0,412810
2 wz. 5	-0,313	11,30208	-0,0276	0,978361
2 wz. 6	-13,188	11,30208	-1,1668	0,264241
3 wz. 5	96,062	11,30208	8,4995	0,000001
4 wz. 5	-17,063	11,30208	-1,5097	0,155043
5 wz. 6	-0,688	11,30208	-0,0608	0,952420

Dane: Uwikt...

1 Uwiktanie e
Zamien. 1

Wejśc.	Zamien.
(1)A	
(2)B	
(3)C	
(4)D	
(5)E	
(6)F	
1 wz. 2	
1 wz. 3	
1 wz. 4	
1 wz. 5	
1 wz. 6	
2 wz. 3	4*6
2 wz. 4	3*6
2 wz. 5	
2 wz. 6	3*4
3 wz. 5	
4 wz. 5	
5 wz. 6	

*Istotne efekty i interakcje:
A, B, C, E, CE
interakcja AB na granicy istotności
interakcje CE i AB nie są uwikłane*

