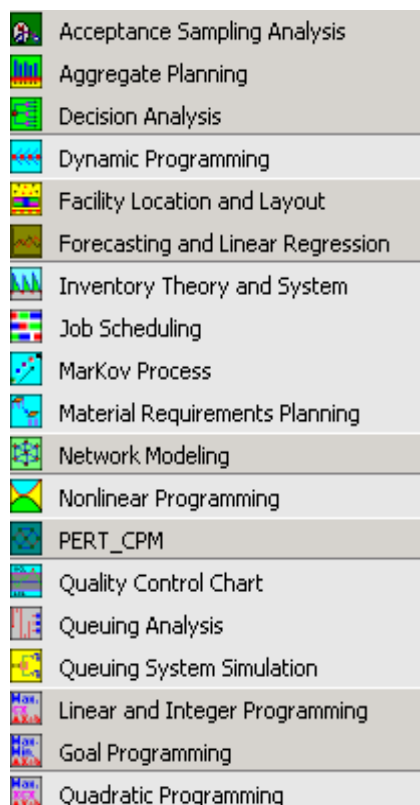


Rozwiązywanie zadań za pomocą pakietu WinQSB

Pakiet WinQSB (**Windows Quantitative System for Business**) jest przeznaczony do komputerowego rozwiązywania zadań z zakresu programowania matematycznego. Uruchomienie następuje przez wybranie odpowiedniego programu.



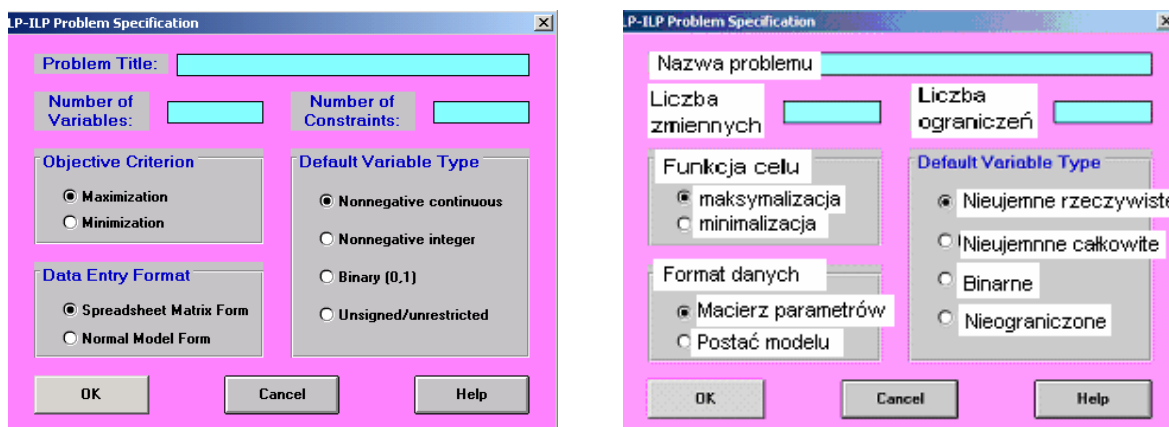
Wybór elementów do próby
Zagregowane planowanie
Analiza decyzji
Programowania dynamiczne
Alokacja środków
Prognozowanie i liniowa regresja
Zarządzanie zapasami
Planowanie pracy
Procesy Markowa
Gospodarka materiałowa
Modele sieciowe
Programowania nieliniowe
PERT_CPM
Karty kontrolne
Teoria kolejek
Symulacja systemu kolejek
Programowanie liniowe i całkowitobowe
Celowe programowanie
Programowanie kwadratowe

Rys. 1. Główne menu programu WinQSB

Programowanie liniowe i całkowitobowe (LP i ILP)¹

Pierwszym podprogramem, który przedstawimy jest opcja dotycząca rozwiązywania zadań programowania liniowego za pomocą algorytmu simpleks. Po wybraniu z menu nowego problemu na ekranie pojawia się okienko przedstawione na rysunku 2.

¹Skrót LP oznacza Linear Programming, a IPL - Integer Linear Programming.



Rys. 2. Programowanie liniowe i całkowitobowe
Prześledźmy proces rozwiązywania zadania na przykładzie.

PRZYKŁAD 1

Zakład produkuje dwa rodzaje proszków do prania: "Kolor" i "Biel". Możliwości produkcyjne zakładu są ograniczone pracą maszyn, które mogą pracować tylko 6 godzin dziennie. Wyprodukowanie jednej tony proszku "Kolor" wymaga dwóch godzin pracy maszyn, a jednej tony proszku "Biel" wymaga jednej godziny pracy maszyn. Zakład musi produkować, co najmniej 2 tony obu proszków dziennie. Umowy handlowe zakładają, że zakład produkuje proszku „Biel” nie mniej niż tonę i nie więcej niż 4 tony. Podczas produkcji uwalnia się pewna szkodliwa substancja, której utylizacja jest bardzo kłopotliwa. Podczas produkcji jednej tony proszku "Kolor" powstają trzy kilogramy tej substancji, natomiast podczas produkcji proszku "Biel" powstaje sześć kilogramów tej substancji.

Jaki dzienny poziom produkcji powinna ustalić firma, aby minimalizować odpad w postaci szkodliwej substancji?

- Co się stanie z rozwiązaniem, jeżeli przy produkcji jednej tony proszku „Kolor” powstaje jeden kilogram szkodliwej substancji?
- Co się stanie z rozwiązaniem, jeżeli przy produkcji jednej tony proszku „Biel” powstaje jeden kilogram szkodliwej substancji?
- Co się stanie z rozwiązaniem, jeżeli zakład musi produkować, co najmniej 4 tony obu proszków dziennie?
- Co się stanie z rozwiązaniem, jeżeli zakład musi produkować dziennie proszku „Biel”, co najmniej 2 tony?

Mamy zadanie programowania liniowego o następującym modelu:

x_1 - ilość produkowanego proszku „Kolor” w tonach;

x_2 - ilość produkowanego proszku „Biel” w tonach;

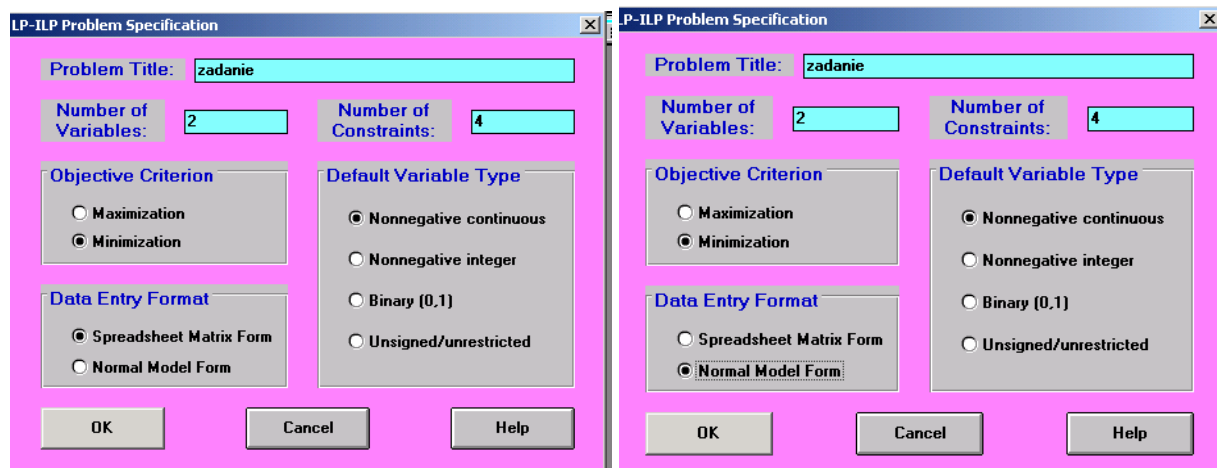
$$f(x) = 3x_1 + 6x_2 \rightarrow \min - \text{minimalna emisja substancji szkodliwej}$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 6 \\ x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_2 \geq 1 \\ x_2 \leq 4 \end{cases} \begin{array}{l} \text{Czas pracy maszyn} \\ \text{Minimalna produkcja} \\ \text{Minimalna produkcja proszku „Biel”} \\ \text{Maksymalna produkcja proszku „Biel”} \end{array}$$

warunki brzegowe $x_1 \geq 0; x_2 \geq 0$

Dla powyższego modelu poprawnie wypełnione okno może być w dwóch wariantach w zależności od wyboru formy wprowadzenia danych:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec



Po wybraniu przycisku OK.

Pojawia się w pierwszym przypadku okienko:

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Minimize				
C1			>=	
C2			>=	
C3			>=	
C4			>=	
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

Oznaczenia:

M- nieskończoność;

C1, C2, C3 - kolejne warunki ograniczające (są to nazwy domyślne można je zmieniać);

X1, X2 - domyślne oznaczenia zmiennych decyzyjnych.

zmiennne	X1	X2	znak	Ograniczenia
Minimize				
C1			>=	
C2			>=	
C3			>=	
C4			>=	
dolna granica zmiennej	0	0		
górną granicą zmiennej	M	M		
typ zmiennej	ciągła	ciągła		

a w drugim

	OBJ/Constraint/Bound
Minimize	
C1	
C2	
C3	
C4	
Integer:	
Binary:	
Unrestricted:	
X1	>=0, <=M
X2	>=0, <=M

	warunki zadania
Minimize	
C1	
C2	
C3	
C4	
całkowite	
binarne	
nieograniczone	
X1	>=0, <=M
X2	>=0, <=M

Poprawnie wpisany model w obu przypadkach jest postaci:

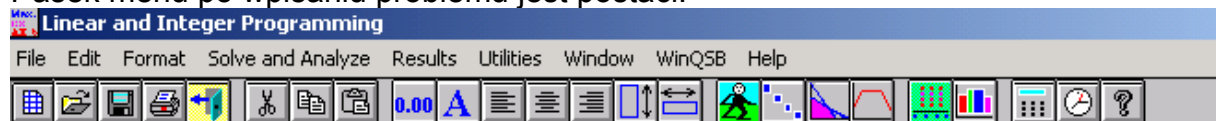
Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Variable -->	X1	X2	Direction	R. H. S.
Minimize	3	6		
C1	2	1	<=	6
C2	1	1	>=	2
C3		1	>=	1
C4		1	<=	4
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	ontinuous		

	OBJ/Constraint/Bound
Minimize	$3x_1+6x_2$
C1	$2x_1+x_2\leq 6$
C2	$x_1+x_2\geq 2$
C3	$x_2\geq 1$
C4	$x_2\leq 4$
Integer:	
Binary:	
Unrestricted:	
X1	$>=0, \leq M$
X2	$>=0, \leq M$

Po wprowadzeniu postaci modelu program pozwala na przechodzenie do postaci macierzy parametrów poprzez wybranie *Format / Switch to Matrix Form* i odwrotnie *Format/Switch to Normal Model Form*.

Pasek menu po wpisaniu problemu jest postaci:

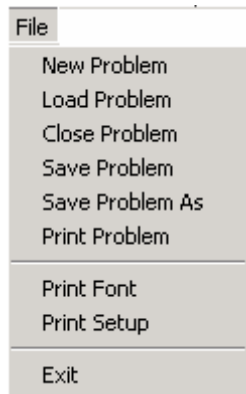


Plik Edycja Format Rozwiązanie i analiza Wyniki Narzędzia Okno WinQSB Pomoc

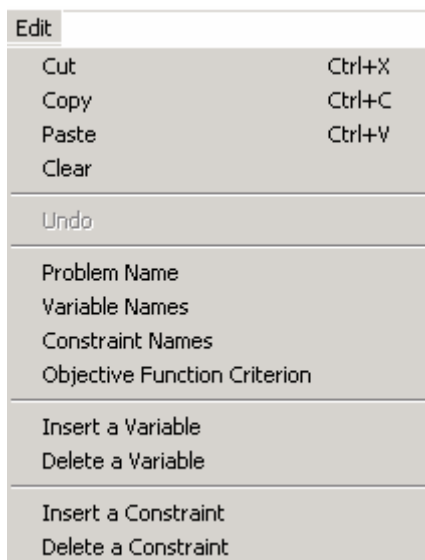
	nowy problem		wycięcie		format zapisu liczbowego
	otwarcie istniejącego problemu		Kopiowanie		czcionka wyrównanie do lewej
	zapisanie problemu		wklejanie		wyśrodkowanie
	wydrukowanie				wyrównanie do prawej
	wyjście z programu				wysokość wiersza
					szerokość kolumny
	rozwiązanie		wyniki		kalkulator
	rozwiązanie krok po kroku		grafy		zegar
	metoda graficzna				pomoc
	analiza parametryczna				

Omówimy po kolei wszystkie elementy paska menu.

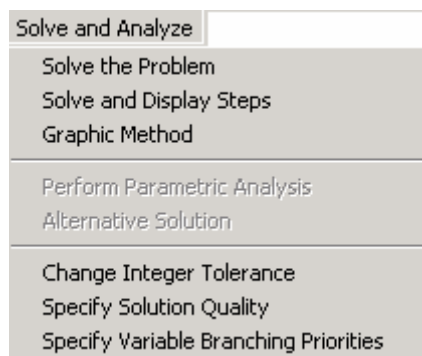
Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials>
i jest autorstwa p.Iwony Staniec



Plik
Nowy problem
Załadowanie problemu
Zamknij problem
Zapisz problem
Zapisz problem jako
Wydrukuj problem
Wydrukuj czcionki
Wydrukuj ustawienia
Zakończ program



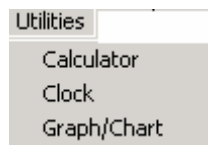
Edycja
Wytnij
Kopiuj
Wklej
Czyść
Cofnij
Nazwa problemu
Nazwa zmiennych
Nazwa ograniczeń
Optimum Funkcji Celu
Wstaw zmienną
Usuń zmienną
Wstaw warunek ograniczający
Usuń warunek ograniczający



Rozwiązanie i analiza
Rozwiąż problem
Rozwiąż problem krok po kroku
Metoda graficzna
Przedstawienie analizy parametrycznej
Alternatywne rozwiązanie
Zmiana tolerancji całkowitości, tylko dla zmiennych Integer
Specyfikacja jakości rozwiązania, tylko dla zmiennych Integer
Specyfikacja priorytetów przejścia zmiennych, tylko dla zmiennych Integer lub Binary

Menu *Results* jest aktywne dopiero po rozwiązaniu problemu.

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec



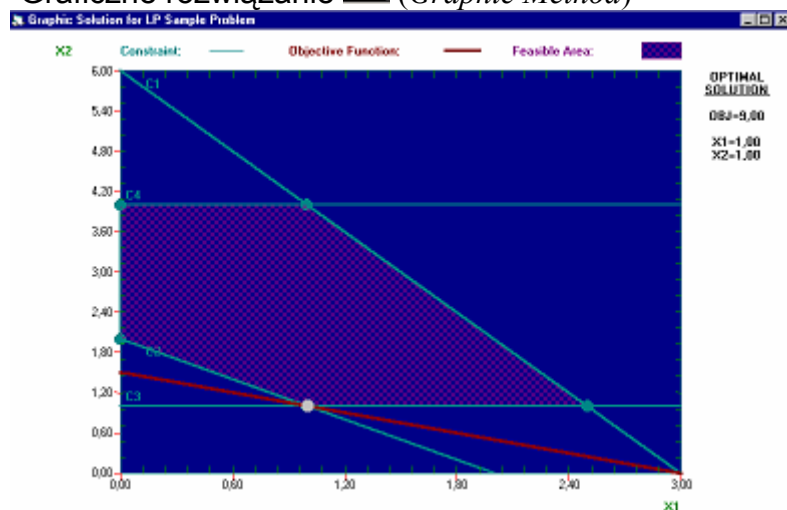
Narzędzia
Kalkulator
Zegar
Grafika


Menu *Windows* pozwala na pracę z oknami, a *WinQSB* na przejście do innych podprogramów.

Aby rozwiązać problem wchodzimy do menu *Solve and Analyze* i wybieramy jedną z opcji rozwiązania.

ROZWIĄZANIE PROBLEMU

Graficzne rozwiązanie  (*Graphic Method*)



Wybranie opcji rozwiązanie krok po kroku  (*Solve and Display Steps*) powoduje wyświetlanie tablicy simplexowej postaci.

Basis	C(j)	X1	X2	Slack_C1	Surplus_C2	Surplus_C3	Slack_C4	Artificial_C2	Artificial_C3	R. H. S.	Ratio
Slack_C1	0	2,00	1,00	1,00	0	0	0	0	0	6,00	6,00
Artificial_C2	M	1,00	1,00	0	-1,00	0	0	1,00	0	2,00	2,00
Artificial_C3	M	0	1,00	0	0	-1,00	0	0	1,00	1,00	1,00
Slack_C4	0	0	1,00	0	0	0	1,00	0	0	4,00	4,00
	C(j)-Z(j)	3,00	6,00	0	0	0	0	0	0	0	
	* Big M	-1,00	-2,00	0	1,00	1,00	0	0	0	0	

Poszczególne kolumny tablicy oznaczają:

- Basis – Baza
- C(j) – Składowe wektora *c* odpowiadające poszczególnym zmiennym (wiersz) i zmiennym bazowym (kolumna)
- X1, X2 – Zmienne decyzyjne
- Slack_c1, Slack_c2, Slack_c3, Slack_c4 – Zmienne swobodne²
- Artificial_c2, Artificial_c3 – Zmienne sztuczne

² W WinQSB zmienne swobodne i sztuczne numerowane są według numeru warunku, w którym występują.

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

R.H.S – Składowe wektora **b**
 Ratio – kryterium wyjścia z bazy.

Uwaga!!!

Jako współczynniki funkcji celu po zmiennymi sztucznymi program podaje zero, co jest błędne, bo powinno być minus lub plus nieskończoność w tym przypadku plus nieskończoność. Ale jeżeli zmienna jest w bazie to poprawnie podaje jest współczynnik.

Dalsze wybieranie tej opcji powoduje wyświetlanie kolejnych iteracji rozwiązania. Zakończenie następuje po uzyskaniu finalnej tablicy simpleksowej.

Tablica wynikowa  (Solve the Problem)

	13:06:42	Friday	November	14	2003		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j) / Allowable Max. c(j)
1	X1	1,00	3,00	3,00	0	basic	0 / 6,00
2	X2	1,00	6,00	6,00	0	basic	3,00 / M
	Objective Function		(Min.) =	9,00			
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS / Allowable Max. RHS
1	C1	3,00	<=	6,00	3,00	0	3,00 / M
2	C2	2,00	>=	2,00	0	3,00	1,00 / 3,50
3	C3	1,00	>=	1,00	0	3,00	0 / 2,00
4	C4	1,00	<=	4,00	3,00	0	1,00 / M

godz.		dzień	data				
Zmienne decyzyjne	Wartość zmiennej	Współczynnik dla f. celu	Wkład w f. celu	Zmniejszenie kosztów	Status bazowy	analiza wrażliwości	
						min	max
x1	1	3	3	0	baza	0	6
x2	1	6	6	0	baza	3	∞
Funkcja celu (min)=			9				
Ograniczenie	Lewa strona	znak	Prawa strona	Luz	Koszt dualny	analiza wrażliwości	
						min	max
c1	3	<=	6	3	0	3	∞
c2	2	>=	2	0	3	1	3,5
c3	1	>=	1	0	3	0	2
c4	1	<=	4	3	0	1	∞

W kolumnie zmniejszenie kosztów (*Reduced Cost*) jest wartości wskaźnika optymalności dla danej zmiennej.

INTERPRETACJA ROZWIĄZANIA

Dziennie należy produkować jedną tonę proszku „Kolor” i jedną tonę proszku „Biel”. Minimalna emisja substancji szkodliwej będzie wynosić 9 kg. Nie wykorzystamy trzech godzin pracy maszyn. Będziemy produkować dokładnie tyle ile zakładane minimum.

Produkcja proszku „Biel” będzie wynosić dokładnie tyle ile minimum, a o trzy tony mniej niż maksimum.

Jeżeli zwiększymy ograniczenie na minimalną produkcję o jedna tonę to ilość emitowanej substancji szkodliwej wzrośnie o 3 kg.

Jeżeli zwiększymy ograniczenie na minimalną produkcję proszku „Biel” o jedna tonę to ilość emitowanej substancji szkodliwej wzrośnie o 3 kg.

- Rozwiązanie pozostanie optymalne, gdyż $1 \in \langle 0;6 \rangle$.
- Rozwiązanie przestanie być optymalne, gdyż $1 \notin \langle 3; \infty \rangle$.
- Rozwiązanie przestanie być dopuszczalne, gdyż $4 \notin \langle 1;3,5 \rangle$.
- Rozwiązanie w tym punkcie wierzchołkowym zbioru rozwiązań dopuszczalnych pozostanie dopuszczalne, gdyż $2 \in \langle 0;2 \rangle$.

Po rozwiązaniu menu *Results* staje się aktywne i mamy do wyboru:

Results	Wyniki
Solution Summary	Skrót rozwiązania
Constraint Summary	Skrót ograniczeń
Sensitivity Analysis for OBJ	Analiza wrażliwości dla współczynników
Sensitivity Analysis for RHS	funkcji celu
Combined Report	Analiza wrażliwości dla ograniczeń
Infeasibility Analysis	Połączone sprawozdanie
Unboundedness Analysis	Analiza sprzeczności rozwiązania
Perform Parametric Analysis	Analiza nieograniczoności rozwiązania
Show Parametric Analysis	Przedstawienie analizy parametrycznej
Graphic Parametric Analysis	Pokaz analizy parametrycznej
Final Simplex Tableau	Graficzna analiza parametryczna
Obtain Alternate Optimal	Końcowa tabela simplexowa
	Uzyskanie alternatywnego rozwiązania

Opcje dotyczące analizy poszczególnych rozwiązań są aktywne tylko jeżeli te rozwiązania występują.

Przejdzie do problemu dualnego jest możliwe poprzez wybranie *Format / Switch to Dual Form*.

W przedstawionym przykładzie problem dualny jest postaci:

Variable -->	C1	C2	C3	C4	Direction	R. H. S.
Maximize	6	2	1	4		
X1	2	1			<=	3
X2	1	1	1	1	<=	6
LowerBound	-M	0	0	-M		
UpperBound	0	M	M	0		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous		

Rozwiązanie problemu dualnego 

	13:27:11		Friday	November	14	2003		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	C1	0	6,00	0	-3,00	at bound	-M	-3,00
2	C2	3,00	2,00	6,00	0	basic	1,00	3,50
3	C3	3,00	1,00	3,00	0	basic	0	2,00
4	C4	0	4,00	0	-3,00	at bound	-M	-1,00
	Objective	Function	(Max.) =	9,00				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	X1	3,00	<=	3,00	0	1,00	0	6,00
2	X2	6,00	<=	6,00	0	1,00	3,00	M

Program podaje w rozwiązaniu przy wartości funkcji celu, że optymalne rozwiązanie jest jednoznaczne lub niejednoznaczne (nie zawsze), ale jeśli jest niejednoznaczne to aktywna jest opcja *Results/Obtain Alternate Optimal*, która podaje alternatywne rozwiązanie. Prześledźmy to na przykładzie.

PRZYKŁAD 2

Mamy zadanie programowania liniowego o następującym modelu:

$$f(x) = 6x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 6 \\ x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_2 \geq 4 \end{cases}$$

warunki brzegowe $x_1 \geq 0; x_2 \geq 0$

Rozwiązanie jest postaci:

	12:57:26		Monday	November	17	2003		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	1,0000	6,0000	6,0000	0	basic	6,0000	M
2	X2	4,0000	3,0000	12,0000	0	basic	-M	3,0000
	Objective	Function	(Max.) =	18,0000	(Note:	Alternate	Solution	Exists!!)
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	6,0000	<=	6,0000	0	3,0000	4,0000	M
2	C2	5,0000	>=	2,0000	3,0000	0	-M	5,0000
3	C3	4,0000	>=	4,0000	0	0	0	6,0000

(Note: Alternate Solution Exists!!) - Rozwiązanie alternatywne istnieje.

Po wybraniu opcji *Results/Obtain Alternate Optimal* otrzymujemy alternatywne rozwiązanie postaci:

	13:15:06		Monday	November	17	2003		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	0	6,0000	0	0	at bound	-M	6,0000
2	X2	6,0000	3,0000	18,0000	0	basic	3,0000	M
	Objective	Function	(Max.) =	18,0000	(Note:	Alternate	Solution	Exists!!)
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	6,0000	<=	6,0000	0	3,0000	4,0000	M
2	C2	6,0000	>=	2,0000	4,0000	0	-M	6,0000
3	C3	6,0000	>=	4,0000	2,0000	0	-M	6,0000

Jeżeli jeszcze raz wybierzemy opcję *Results/Obtain Alternate Optimal* to otrzymamy pierwotne rozwiązanie. Zatem w tym przypadku są tylko dwa wierzchołki zbioru rozwiązań optymalnych. Zbiór rozwiązań optymalnych zapisujemy w postaci:

$x = \alpha \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \end{bmatrix} + (1-\alpha) \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha \\ 6-2\alpha \end{bmatrix} \wedge \alpha \in \langle 0;1 \rangle$ i mamy tylko informacje o zmiennych decyzyjnych

lub $x = \alpha \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 0 \\ 3 \\ 0 \end{bmatrix} + (1-\alpha) \begin{bmatrix} 0 \\ 6 \\ 0 \\ 4 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha \\ 6-2\alpha \\ 0 \\ 4-\alpha \\ 2-2\alpha \end{bmatrix} \wedge \alpha \in \langle 0;1 \rangle$ i mamy również informacje o zmiennych swobodnych.

PRZYKŁAD 3

Mamy zadanie programowania liniowego o następującym modelu:

$$f(x) = 6x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 6 \\ x_1 + x_2 \leq 2 \\ x_2 \geq 4 \end{cases}$$

warunki brzegowe $x_1 \geq 0; x_2 \geq 0$

Rozwiązanie jest postaci:

11-17-2003 13:21:08	Infesible solution!!!	Make any of	the following	RHS changes	and solve the	problem again.
	Constraint	Direction	Right Hand Side	Shadow Price	Add More Than This To RHS	Add Up To This To RHS
1	C1	<=	6,0000	0	-4,0000	M
2	C2	<=	2,0000	3,0000	2,0000	4,0000
3	C3	>=	4,0000	0	-M	-2,0000

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Sprzeczne rozwiązanie!!! Zmień następująco jeden z elementów wektora ograniczeń i rozwiąż problem

11-17-2003 13:21:08	Ograniczenie	Znak	Prawa strona ograniczenia	Koszt dualny	Dodaj do prawej strony ograniczenia więcej niż to	Dodaj do prawej strony ograniczenia mniej niż to
1	C1	<=	6,0000	0	-4,0000	M
2	C2	<=	2,0000	3,0000	2,0000	4,0000
3	C3	>=	4,0000	0	-M	-2,0000

Infeasible solution!!! Rozwiązanie sprzeczne.

PRZYKŁAD 3

Mamy zadanie programowania liniowego o następującym modelu:

$$f(x) = 6x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \geq 6 \\ x_1 + x_2 \geq 2 \\ x_2 \geq 4 \end{cases}$$

warunki brzegowe $x_1 \geq 0; x_2 \geq 0$

Rozwiązanie jest postaci:

Unbounded	solution!!!	Make any of	the following	changes and	solve it again.
11-17-2003 13:28:39	Constraint	Decision Variable	Coefficient A(i,j)	Subtract More Than This From A(i,j)	Or Add More Than This To A(i,j)
	Change	the direction	of constraint	C1	
Nieograniczone rozwiązanie!!!		Dokonaj następującej zmiany i rozwiąż problem jeszcze raz.			
Data	Ograniczenie	Zmienna decyzyjna	Parametr a_{ij}	Odejmij więcej niż to od a_{ij}	Dodaj więcej niż to do a_{ij}
	Zmień znak w ograniczeniu	C1			

Unbounded solution!!! Nieograniczone rozwiązanie.

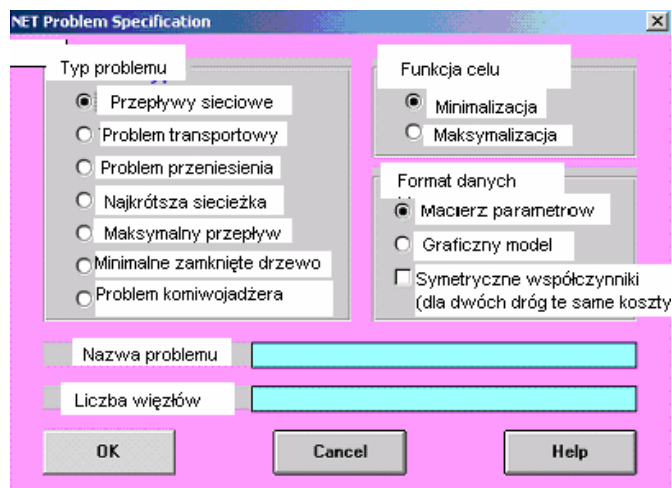
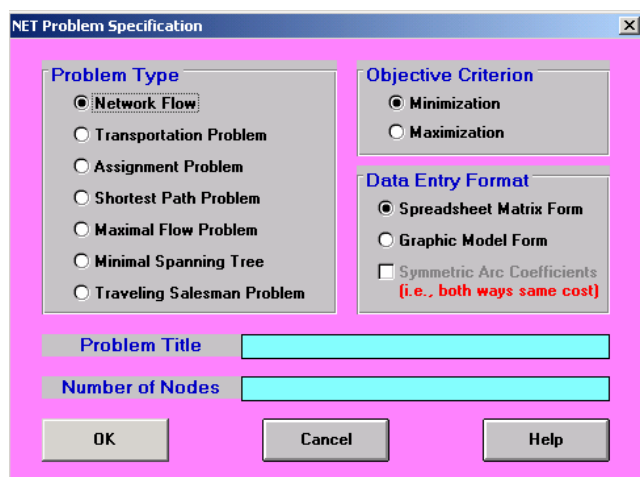
Jeżeli na początku rozwiązywania zaznaczymy, że zmienne mają być całkowite lub binarne to program jeżeli metodą simplex nie uzyskujemy rozwiązania całkowitobowego pokazuje w:

- metodzie graficznej rozwiązanie bez uwzględnienia warunku całkowitobowości;
- w rozwiązaniu krok po kroku wprowadzane kolejno płaszczyzny tnące sprowadzające rozwiązanie problemu do warunków całkowitobowych lub binarnych.

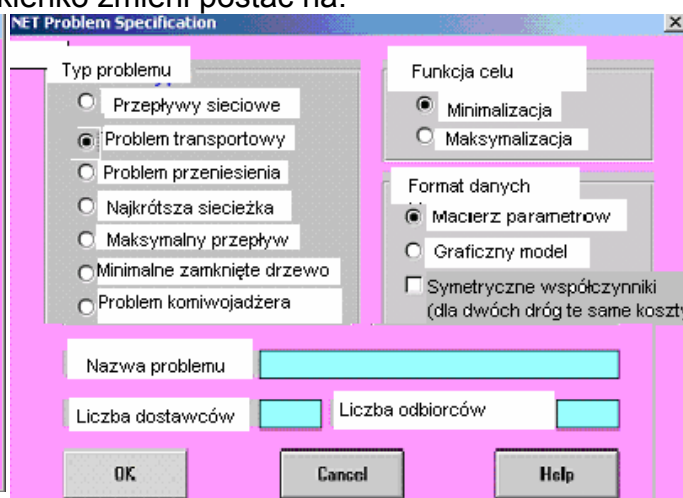
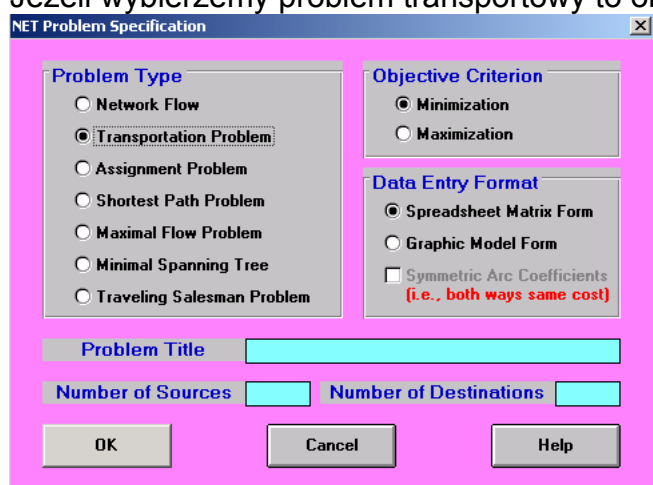
Zadania transportowe

Aby przejść do rozwiązywania zadania transportowego należy wybrać z menu głównego Network Modeling. Przechodzimy w ten sposób do menu.

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials>
i jest autorstwa p.Iwony Staniec



Jeżeli wybierzemy problem transportowy to okienko zmieni postać na:



Prześledźmy działanie programu na przykładzie

PRZYKŁAD 4

Dane jest zadanie transportowe, w którym mamy trzech dostawców i czterech odbiorców:

Tabela 1

Odbiorcy Dostawcy	O ₁	O ₂	O ₃	O ₄	Zasoby Dostawc w a _i
D ₁	1	4	1	2	20
D ₂	2	2	3	3	30
D ₃	3	1	3	2	50
Zapotrzebo wanie odbiorców b _j	37	17	15	31	100

Źródło: Dane umowne.

Wewnątrz tablicy podano jednostkowe koszty transportu c_{ij} (od i -tego dostawcy do j -tego odbiorcy). Wyznacz rozwiązanie optymalne.

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Dla podanego przykładu wstępne okienko jest postaci:

Po wybraniu opcji OK. pojawia się arkusz do wprowadzenia danych

From \ To	Destination 1	Destination 2	Destination 3	Destination 4	Supply
Source 1	1	4	1	2	20
Source 2	2	2	3	3	30
Source 3	3	1	3	2	50
Demand	37	17	15	31	


Destination - odbiorcy

Source - dostawcy

Supply - podaż

Demand - popyt

Wszystkie elementy paska menu są identyczne jak w module LP i ILP.

Na pasku menu pojawiła się dodatkowo ikonka postaci  oznaczająca rozwiązanie graficzne.

Menu rozwiązanie i analiza *Solve and Analyze* jest postaci

Rozwiąż problem

Rozwiąż i wyświetl kroki - Sieć

Rozwiąż i wyświetl kroki -Tabele

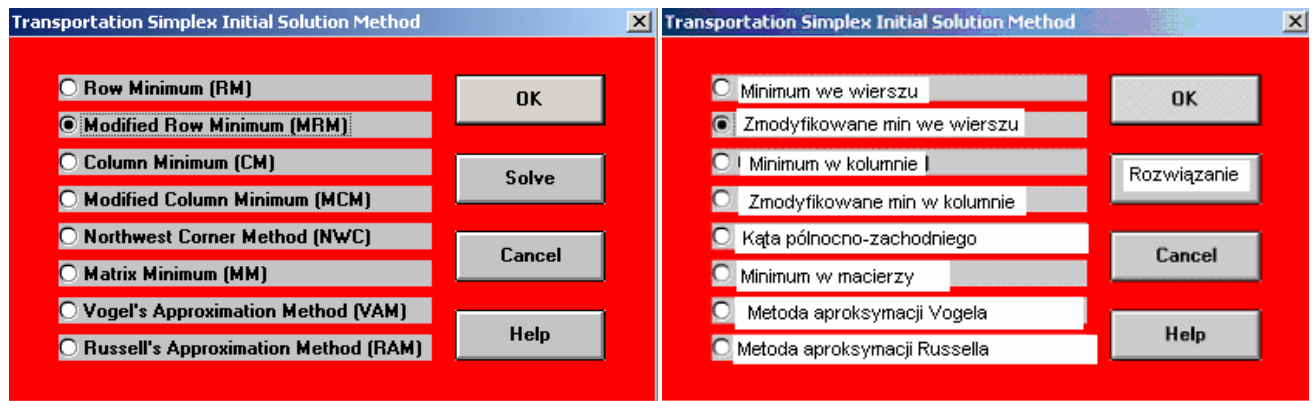
Wybierz metodę wyznaczania wstępnego rozwiązania bazowego

Zobacz, co się stanie jeśli

Prześledź analizę parametryczną

Można wybrać metodę wyznaczania wstępnego rozwiązania bazowego poprzez wybór opcji *Solve and Analyze/ Select Initial Solution Method*:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials>
i jest autorstwa p.Iwony Staniec



Prześledźmy warianty rozwiązania wybranego problemu

Wybieramy opcję *Solve and Analyze/ Select Initial Solution Method* i wybieramy metodę kąta północno-zachodniego (*Northwest Corner Method NWC*) i wyciskamy przycisk OK.

1. Wybieramy *Solve and Analyze/Solve and Display - Tableau*

From \ To	Destination 1	Destination 2	Destination 3	Destination 4	Supply	Dual P(i)
Source 1	1 20	4	1 C _{ij} =-2 ^{**}	2	20	0
Source 2	2 17	2 13*	3	3	30	1
Source 3	3	1 4	3 15	2 31	50	0
Demand	37	17	15	31		
Dual P(j)	1	1	3	2		
Objective Value = 191 (Minimization)						
** Entering: Source 1 to Destination 3 * Leaving: Source 2 to Destination 3						

Od/Do	Odbiorca 1	Odbiorca 2	Odbiorca 3	Odbiorca 4	Podaż	Potencjał u _i
Dostawca 1	1 20	4	1 Δ _{ij} =-2 ^{**}	2	20	0
Dostawca 2	2 17	2 13*	3	3	30	1
Dostawca 3	3	1 4	3 15	2 31	50	0
Funkcja kryterium =191 (minimum)						
Popyt	37	17	15	31		
Potencjał v _j	1	1	3	2		

** Pojawi się nowa zmienna bazowa
* Zmienna bazowa, która opuści bazę

Jak należy czytać to rozwiązanie? Program w uproszczonej wersji podaje tabelę przewozów i potencjałów razem. Tradycyjną metodą to rozwiązanie byłoby następującej postaci:

Tabela przewozów

Od/Do	Odbiorca 1	Odbiorca 2	Odbiorca 3	Odbiorca 4	Podaż
Dostawca 1	20	4	1	2	20
Dostawca 2	17	13	3	3	30
Dostawca 3	3	1	3	2	50
Popyt	37	17	15	31	

Tabela potencjałów

Od/Do	Odbiorca 1	Odbiorca 2	Odbiorca 3	Odbiorca 4	Potencjał u_i
Dostawca 1	1	4	1	2	0
Dostawca 2	2	2	3	3	1
Dostawca 3	2	1	3	2	0
Potencjał v_j	1	1	3	2	

Wyznamy cykl, poprzez wprowadzenie nowej zmiennej bazowej od dostawcy pierwszego do trzeciego odbiorcy.

Od/Do	Odbiorca 1	Odbiorca 2	Odbiorca 3	Odbiorca 4	Podaż
Dostawca 1	20-a	4	a	2	20
Dostawca 2	17+a	13-a	3	3	30
Dostawca 3	3	1	3	2	50
Popyt	37	17	15	31	

Wartość nowej zmiennej bazowej wynosi: $a = \min\{20;13;15\} = 13$. Zatem bazę opuści 13, czyli będzie zerowy przewóz od drugiego dostawcy do drugiego odbiorcy.

Menu Wyniki Results

Solution Table - Nonzero Only
Solution Table - All
Graphic Solution
Obtain Alternative Solution
Range of Optimality
Range of Feasibility
Perform What If Analysis
Perform Parametric Analysis
Show Parametric Analysis - Table
Show Parametric Analysis - Graphic
Show Run Time and Iteration

Rozwiązanie tabela - tylko niezerowe przewozy
Rozwiązanie tabela - wszystkie przewozy
Graficzne rozwiązanie
Alternatywne rozwiązanie, pojawia się tylko wtedy, gdy istnieje rozwiązanie alternatywne
Zakres optymalności
Prawdopodobieństwo wykonania
Co się stanie jeśli
Analiza parametryczna
Analiza parametryczna - tabele
Analiza parametryczna - graf
Pokaż czas i liczbę iteracji

Wyniki rozwiązania transportowego mogą być wyświetlane w trzech różnych postaciach:

- tylko niezerowe przewozy - Results/ Solution Table - Nonzero Only

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials>
i jest autorstwa p.Iwony Staniec

DATA	OD	DO	PRZEWÓZ	KOSZT	KOSZT CAŁKOWITY	ZREDUKOWANY KOSZT
11-14-2003	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Source 1	Destination 1	7	1	7	0
2	Source 1	Destination 3	13	1	13	0
3	Source 2	Destination 1	30	2	60	0
4	Source 3	Destination 2	17	1	17	0
5	Source 3	Destination 3	2	3	6	0
6	Source 3	Destination 4	31	2	62	0
	Total	Objective	Function	Value =	165	
CAŁKOWITA WARTOŚĆ FUNKCJI CELU = 165						

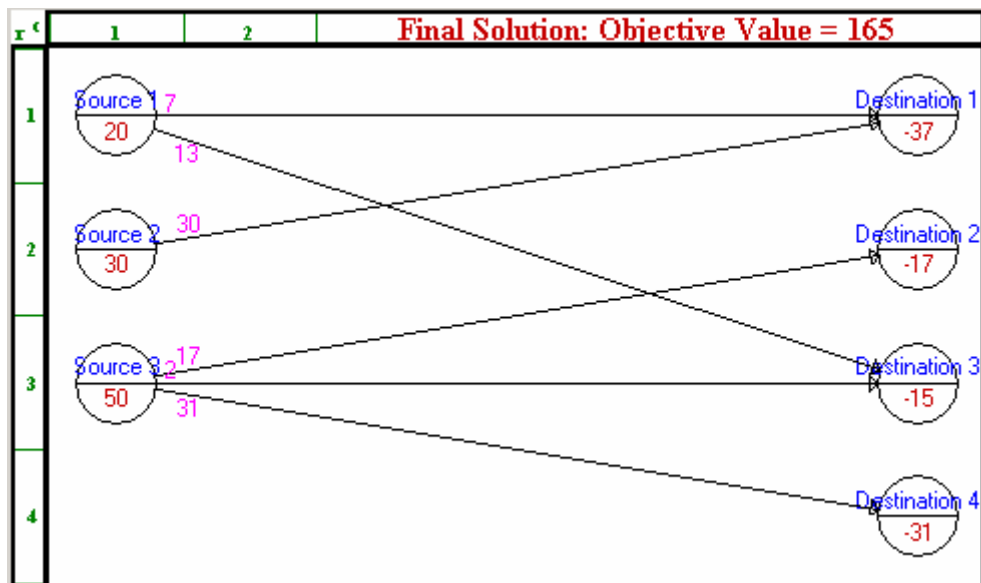
Podaje tylko niezerowe przewozy. Zatem dostawca pierwszy dostarcza do odbiorcy pierwszego 7 jednostek towaru, a do trzeciego 13. Dostawca drugi do odbiorcy pierwszego 30 jednostek towaru. Dostawca trzeci do odbiorcy trzeciego 2 jednostki towaru, a do czwartego 31 jednostek towaru. Minimalny łączny koszt przewozów wynosi 165.

– wszystkie przewozy - *Results/Solution Table All*

DATA	OD	DO	PRZEWÓZ	KOSZT	KOSZT CAŁKOWITY	ZREDUKOWANY KOSZT
11-14-2003	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Source 1	Destination 1	7	1	7	0
2	Source 1	Destination 2	0	4	0	5
3	Source 1	Destination 3	13	1	13	0
4	Source 1	Destination 4	0	2	0	2
5	Source 2	Destination 1	30	2	60	0
6	Source 2	Destination 2	0	2	0	2
7	Source 2	Destination 3	0	3	0	1
8	Source 2	Destination 4	0	3	0	2
9	Source 3	Destination 1	0	3	0	0
10	Source 3	Destination 2	17	1	17	0
11	Source 3	Destination 3	2	3	6	0
12	Source 3	Destination 4	31	2	62	0
	Total	Objective	Function	Value =	165	
CAŁKOWITA WARTOŚĆ FUNKCJI CELU = 165						

Dostawca pierwszy dostarcza do odbiorcy pierwszego 7 jednostek towaru, a do trzeciego 13. Dostawca drugi do odbiorcy pierwszego 30 jednostek towaru. Dostawca trzeci do odbiorcy trzeciego 2 jednostki towaru, a do czwartego 31 jednostek towaru. Minimalny łączny koszt przewozów wynosi 165.

– rozwiązanie graficzne *Results/Graphic Solution*



W rozwiązaniu graficznym po dostawcami podaje ich możliwości na grafach podaje wartości przewozów do konkretnych odbiorów, a pod odbiorami ile otrzymali.

Dostawca pierwszy dostarcza do odbiorcy pierwszego 7 jednostek towaru, a do trzeciego 13. Dostawca drugi do odbiorcy pierwszego 30 jednostek towaru. Dostawca trzeci do odbiorcy trzeciego 2 jednostki towaru, a do czwartego 31 jednostek towaru. Minimalny łączny koszt przewozów wynosi 165.

Jeżeli rozwiązanie jest niejednoznaczne podaje również alternatywne rozwiązanie (również w dowolnie wybranej przez nas postaci). W tym celu należy wybrać *Resuts/Obtain Solution*

11-14-2003	From	To	Shipment	Unit Cost	Total Cost	Reduced Cost
1	Source 1	Destination 1	5	1	5	0
2	Source 1	Destination 2	0	4	0	5
3	Source 1	Destination 3	15	1	15	0
4	Source 1	Destination 4	0	2	0	2
5	Source 2	Destination 1	30	2	60	0
6	Source 2	Destination 2	0	2	0	2
7	Source 2	Destination 3	0	3	0	1
8	Source 2	Destination 4	0	3	0	2
9	Source 3	Destination 1	2	3	6	0
10	Source 3	Destination 2	17	1	17	0
11	Source 3	Destination 3	0	3	0	0
12	Source 3	Destination 4	31	2	62	0
	Total	Objective	Function	Value =	165	

Dostawca pierwszy dostarcza do odbiorcy pierwszego 5 jednostek towaru, a do trzeciego 15. Dostawca drugi do odbiorcy pierwszego 30 jednostek towaru. Dostawca trzeci do odbiorcy pierwszego 2 jednostki towaru, drugiego 17, a do czwartego 31 jednostek towaru. Minimalny łączny koszt przewozów wynosi 165.

Uwaga!

1. Program nie podaje ile jest rozwiązań alternatywnych. Samemu należy znaleźć liczbę tych rozwiązań poprzez powtarzanie opcji *Resuts/Obtain Solution*.
2. Program sam bilansuje zadania transportowe poprzez wprowadzenie domyślnego dostawcy (*Unfilled_Demand*) lub odbiorcy (*Unused_Supply*).
3. Natomiast blokady trasy należy dokonać samemu przed wprowadzeniem kosztów.

Teoria gier

Grupą problemów, do których rozwiązywania stosować będziemy program WinQSB to zadania dotyczące teorii gier.

W celu uruchomienia programu do wspomagania rozwiązywania zadań dotyczących teorii gier wybieramy moduł *Decision Analysis*.

Problem Specification

Problem Type

- Bayesian Analysis
- Payoff Table Analysis
- Two-player, Zero-sum Game
- Decision Tree Analysis

Problem Title: _____

Number of the States of Nature: _____

Number of Survey Outcomes (Indicators): _____

OK Cancel Help

Problem Specification

Problem Type

- Metoda Bayes'a
- Analiza macierzy wypłat
- Dwoch graczy, gry o sumie zero
- Drzewo decyzyjne

Nazwa problemu: _____

Liczba stanów natury: _____

Liczba ankiet: _____

OK Cancel Help

Zajmiemy się tylko omówieniem analizy macierzy wypłat i zrobimy to na przykładzie.

PRZYKŁAD 5

Przeprowadzić analizę macierzy wypłat dla gry z naturą zawierającej dwa stany natury mogące wystąpić z prawdopodobieństwem odpowiednio 40% oraz 60%, jeżeli macierz wypłat (profity) ma postać:

$$A = \begin{bmatrix} 200 & 150 & 100 \\ -20 & 20 & 60 \end{bmatrix}$$

Wybieramy analizę macierzy wypłat i wprowadzamy podany przykład:

Problem Specification

Problem Type

- Bayesian Analysis
- Payoff Table Analysis Survey Information Available
- Two-player, Zero-sum Game
- Decision Tree Analysis

Problem Title: zadanie

Number of the States of Nature: 2

Number of Decision Alternatives: 3

OK Cancel Help

Problem Specification

Problem Type

- Metoda Bayes'a
- Macierz wypłat Dodatkowe Informacje z badań
- Dwoch graczy, gry o sumie zero
- Drzewa decyzyjne

Nazwa problemu: zad

Liczba stanów natury: 2


Liczba możliwych decyzji: 3

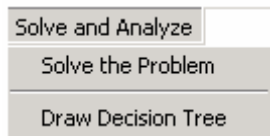
OK Cancel Help

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Po wybraniu przycisku OK. Pojawia się następujący arkusz, do którego wprowadzamy dane dotyczące rozpatrywanego problemu

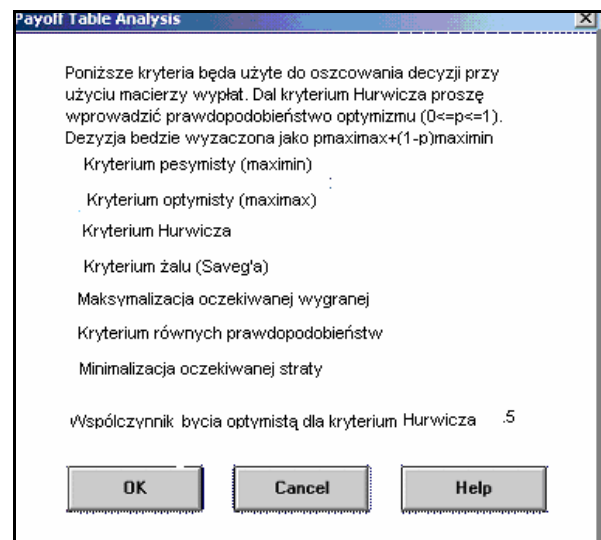
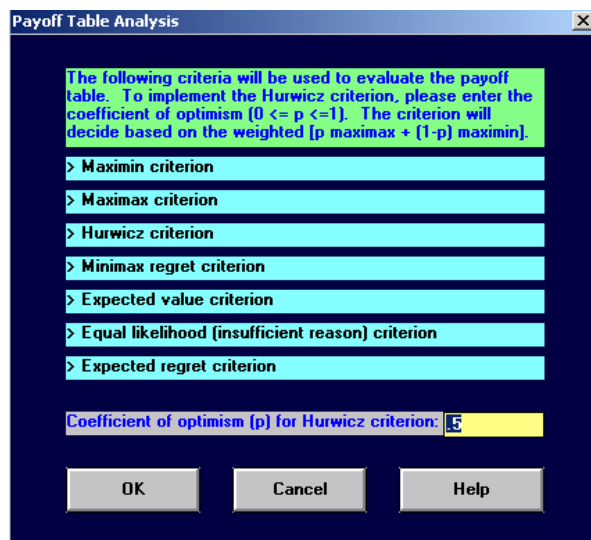
Decyzja\ Stan	Decyzja\ Stan	Stan 1	Stan 2
Prawdopodobieństwo	Decision \ State	State1	State2
Decyzja 1	Prior Probability	0.4	0.6
Decyzja 2	Alternative1	200	-20
Decyzja 3	Alternative2	150	20
	Alternative3	100	60

Na pasku menu pojawia się dodatkowa ikonka  oznaczająca drzewo decyzyjne. Menu rozwiązanie i analiza jest postaci:

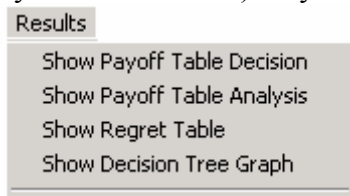


Rozwiązanie i analiza
Rozwiąż problem
Narysuj drzewo decyzyji

Jeżeli wybierzemy opcje rozwiązanie tj. *Solve the Problem* pojawi się następujące okienko:



Po wprowadzeniu prawdopodobieństwa optymizmu dla kryterium Hurwicza 0.4 (domyślnie było ustawione 0.5) i wybraniu OK. Pojawia się rozwiązanie i aktywna opcja *Results* postaci:



Wyniki

Pokaż tabelę wybranych decyzji
Pokaż tabele analizy decyzji
Pokaż macierz żalu
Pokaż drzewo decyzyji

Po wybraniu opcji *Results/Show Payoff Table Decision* otrzymujemy:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials>
i jest autorstwa p.Iwony Staniec

11-22-2003 Criterion	Best Decision	Decision Value
Maximin	Alternative3	\$60
Maximax	Alternative1	\$200
Hurwicz (p=0.4)	Alternative3	\$76
Minimax Regret	Alternative2	\$50
Expected Value	Alternative3	\$76
Equal Likelihood	Alternative1	\$90
Expected Regret	Alternative3	\$40
Expected Value	without any	Information = \$76
Expected Value	with Perfect	Information = \$116
Expected Value	of Perfect	Information = \$40

data	Najlepsza decyzja	Wartość decyzji
Kryterium		
Maximin	Decyzja 3	60
Maximax	Decyzja 1	200
Hurwicz(p=0.4)	Decyzja 3	76
żalu	Decyzja 2	50
Maksymalnej oczekiwanej wygranej	Decyzja 3	76
Równych prawdopodobieństw	Decyzja 1	90
Minimalnej oczekiwanej straty	Decyzja 3	40
Wartość oczekiwana	bez informacji	76
Wartość oczekiwana	z najlepszą informacją	116
Wartość oczekiwana	bez najlepszej informacji	40

Automatycznie wyniki podaje w \$.

Po wybraniu opcji *Results/Show Payoff Table Analysis* otrzymujemy:

11-22-2003 Alternative	Maximin Value	Maximax Value	Hurwicz (p=0.4) Value	Minimax Regret Value	Equal Likelihood Value	Expected Value	Expected Regret
Alternative1	(\$20)	\$200**	\$68	\$80	\$90**	\$68	\$48
Alternative2	\$20	\$150	\$72	\$50**	\$85	\$72	\$44
Alternative3	\$60**	\$100	\$76**	\$100	\$80	\$76**	\$40**

Decyzja	Maximax	Maximin	Hurwicz(p=0.4)	Żal	Równych prawdopodobieństw	Maksymalna oczekiwana wygrana	Minimalna oczekiwana strata
Decyzja 1	-20	200**	68	80	90**	68	48
Decyzja 2	20	150	72	50**	85	72	44
Decyzja 3	60**	100	76**	100	80	76**	40**

() w tabeli oznacza wartość ujemną

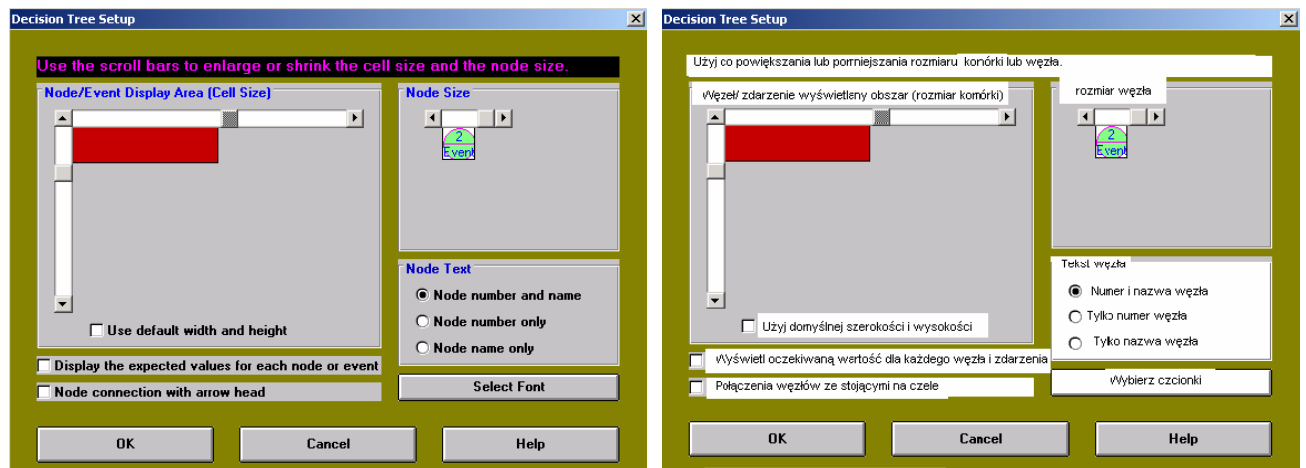
** oznaczają wybraną decyzję jako najlepszą przez każde z kryteriów.

Po wybraniu opcji *Results/Show Regret Table* otrzymujemy macierz żalu:

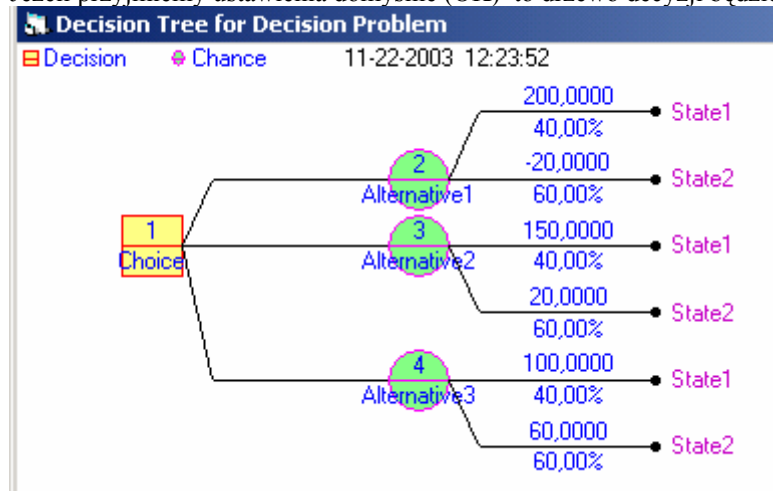
Decision\State	State1	State2
Alternative1	0	\$80
Alternative2	\$50	\$40
Alternative3	\$100	0

Po wybraniu opcji *Results/Show Decision Tree Graph* otrzymujemy drzewo decyzji. Przed narysowaniem po raz pierwszy drzewa program wymaga ustawienia następujących opcji.

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

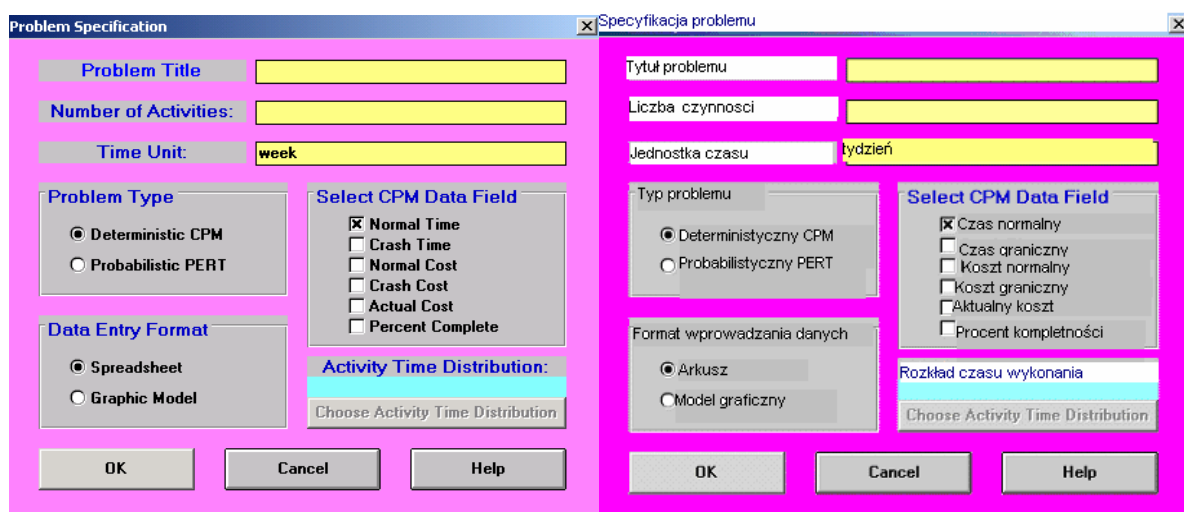


Jeżeli przyjmimy ustawienia domyślne (OK) to drzewo decyzji będzie postaci:



Przedsięwzięcia wieloczynnościowe (PERT i CPM)

Analiza czasowa i czasowo-kosztowa przedsięwzięć wieloczynnościowych jest przedstawiona w module PERT_CPM.



Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

CPM

PRZYKŁAD

Pewien etap większego przedsięwzięcia składa się z sześciu czynności, których czasy normalne, czasy graniczne, koszty normalne i koszty graniczne podano w tabeli.

Tabela 2

Czynność (i - j)	Czas trwania czynności (w dniach)		Koszty bezpośrednie (w tys. zł)	
	normalny t_{ij}^n	graniczny t_{ij}^g	normalne k_{ij}^n	graniczne k_{ij}^g
1-2	2	1	9	14
1-3	2	2	7	7
2-3	2	1	10	13
2-4	3	3	9	9
3-4	4	2	8	12
4-5	1	1	8	8

Źródło: Dane umowne.

Wykreślić sieć zależności, znaleźć ścieżkę krytyczną oraz znaleźć minimalny czas realizacji tego przedsięwzięcia. O ile maksymalnie można zredukować czas realizacji przedsięwzięcia i jak będą kształtować się jego koszty?

Przyjmijmy, że skrócenie czasu trwania przedsięwzięcia o jeden dzień powoduje zmniejszenie kosztów pośrednich o 4 tys. zł. Natomiast koszt pośredni realizacji całego przedsięwzięcia w czasie normalnym wynosi 70 tys. zł.

Rozwiązanie:

Specyfikacja przedstawia się jak w poniższym okienku:

Jeżeli po wybraniu specyfikacji wciśniemy przycisk OK. Pojawi się kolejne okienko postaci:

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Crash Cost
1	A				0	0
2	B				0	0
3	C				0	0
4	D				0	0
5	E				0	0
6	F				0	0

Nr czynności	Nazwa czynności	Nazwa czynności bezpośrednio poprzedzającej daną czynność jako separatora używamy przecinek	Czas normalny	Czas graniczny	Koszt normalny	Koszt graniczny
1	A					
2	B				0	0
3	C				0	0
4	D				0	0
5	E				0	0
6	F				0	0

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Program domyślnie nazywa czynności: A, B, C, itd. Przez czynność bezpośrednio poprzedzającą rozumiemy czynność, która kończy się zdarzeniem, które rozpoczyna daną czynność.

W naszym przypadku:

Czynność (i - j)	Nazwa czynności	Czynności bezpośrednio poprzedzająca
1-2	A	
1-3	B	
2-3	C	A
2-4	D	A
3-4	E	B,C
4-5	F	D,E

Zatem poprawnie wypełnione okienko powinno być postaci:

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Normal Time	Crash Time	Normal Cost	Crash Cost
1	A		2	1	\$9	\$14
2	B		2	2	\$7	\$7
3	C	A	2	1	\$10	\$13
4	D	A	3	3	\$9	\$9
5	E	B,C	4	2	\$8	\$12
6	F	D,E	1	1	\$8	\$8

Pojawiły się następujące ikonki:



Rozwiązanie problemu - znalezienie najkrótszego czasu wykonania przedsięwzięcia w czasie normalnym



Analiza czasowo-kosztowa

Menu rozwiązanie i analiza jest postaci:

Solve and Analyze
Solve Critical Path Using Normal Time
Solve Critical Path Using Crash Time
Perform Crashing Analysis
Perform Probability Analysis
Perform Simulation

Rozwiązanie i analiza

- Rozwiąż w czasie normalnym
- Rozwiąż w czasie granicznym
- Wykonaj analizę możliwości skracania czasu wykonania
- Wykonaj analizę prawdopodobieństwa
- Wykonaj symulację

Results

Activity Criticality Analysis
Graphic Activity Analysis
Show Critical Path
Gantt Chart
Project Completion Analysis
PERT/Cost - Table
PERT/Cost - Graphic
Project Cost Control Report
Perform Crashing Analysis
Show Crashing Result
Perform Probability Analysis
Show Probability Analysis
Perform Simulation
Show Simulation Result - Table
Show Simulation Result - Graphic

Wyniki

- Analiza ścieżki krytycznej
- Graficzna analiza ścieżki krytycznej
- Pokaż ścieżkę krytyczną
- Wykres Gantta
- Analiza kompletności wykonania projektu

- PERT/ koszt - tabela
- PERT/ koszt - graficznie
- Raport kontrolny kosztów projektu

- Wykonaj analizę możliwości skracania czasu wykonania
- Pokaż rezultat skracania
- Wykonaj analizę prawdopodobieństwa
- Pokaż rezultaty analizy prawdopodobieństwa
- Wykonaj symulację
- Pokaż rezultat symulacji w tabeli
- Pokaż rezultat symulacji graficznie


Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

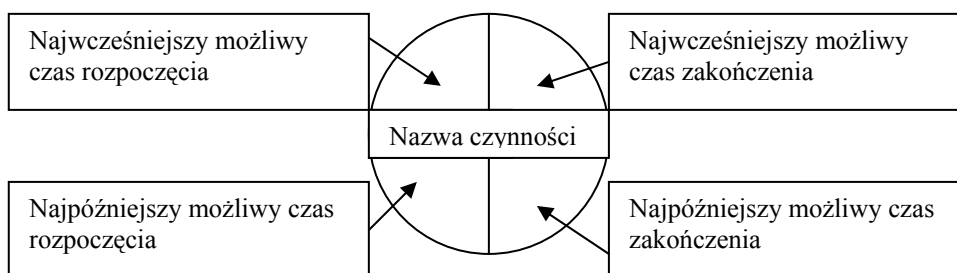
Po wybraniu rozwiązania **Solve Critical Path Using Normal Time** otrzymujemy tabelę:

04-06-2004 17:21:31	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	Yes	2	0	2	0	2	0
2	B	no	2	0	2	2	4	2
3	C	Yes	2	2	4	2	4	0
4	D	no	3	2	5	5	8	3
5	E	Yes	4	4	8	4	8	0
6	F	Yes	1	8	9	8	9	0
	Project Completion Time	=	9	dzisiaj				
	Total Cost of Project	=	\$51	(Cost on CP = \$35)				
	Number of Critical Path(s)	=	1					

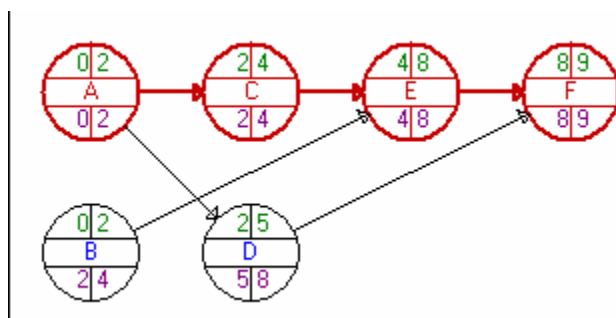
Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
Nazwa czynności	Na ścieżce krytycznej	Czas czynności	Najwcześniejszy czas rozpoczęcia	Najwcześniejszy czas zakończenia	Najpóźniejszy czas rozpoczęcia	Najpóźniejszy czas zakończenia	Luz czasowy
Project Total	Completion Cost of Project	Time	Najkrótszy czas wykonania przedsięwzięcia				
Number of Critical Path(s)	Całkowity koszt wykonania						
	Liczba ścieżek krytycznych						

Stąd mamy informację, że w czasie normalny przedsięwzięcie w najkrótszym czasie może być wykonane w ciągu 9 dni i koszty bezpośrednie wynoszą 51 tys. zł.


Ikona  pozwala na graficzne przedstawienie czynności. Program rysuje metodą PDE tzn. w kółkach przedstawia czynności a strzałki oznaczają czynności bezpośrednio następujące.



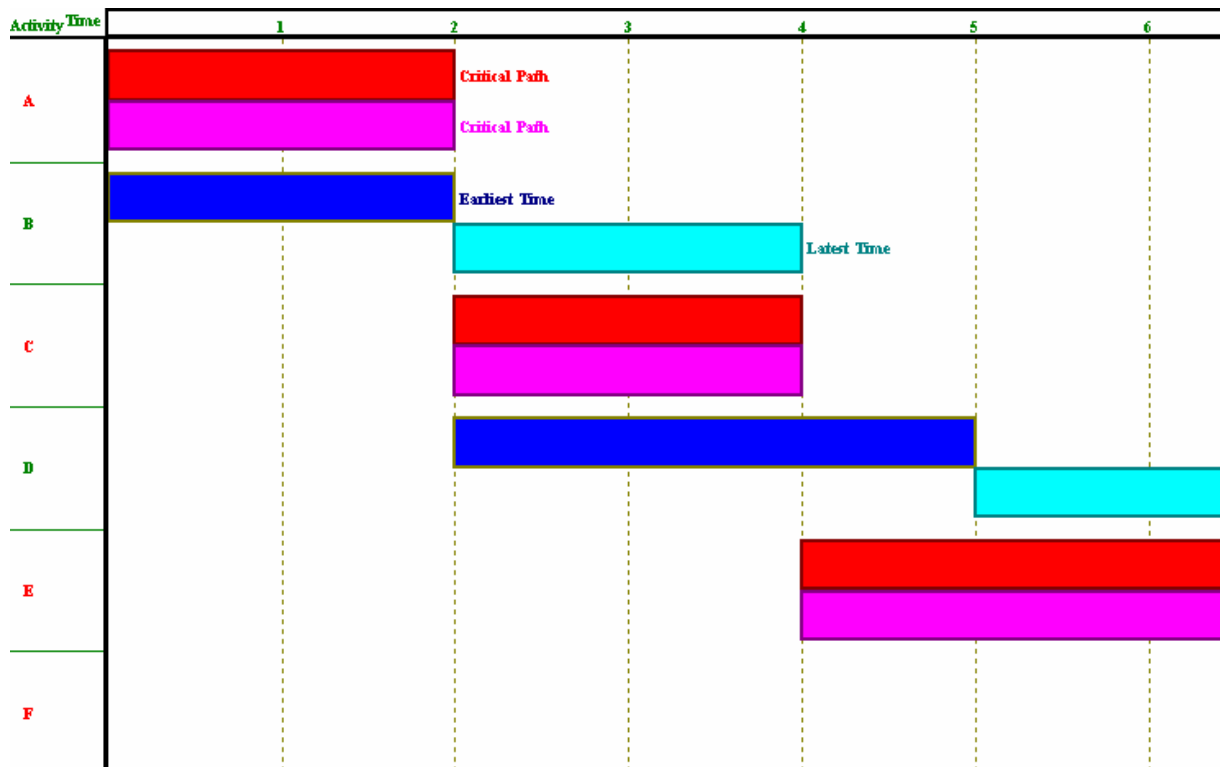
Rozwiązanie graficzne jest, zatem postaci:



Na czerwono (pogrubioną linią) przedstawiono czynności krytyczne.

Ikona postaci  przedstawia wykres Gantta:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

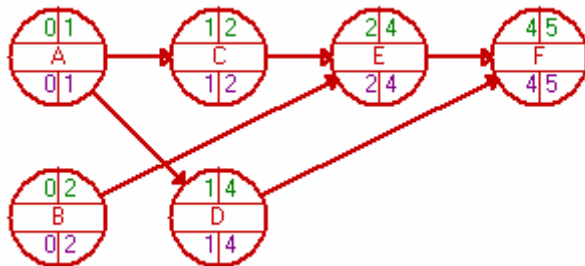


Po wybraniu opcji otrzymuje o najkrótszym czasie wykonana przedsięwzięcia w czasie granicznym:

04-06-2004 17:36:06	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	A	Yes	1	0	1	0	1	0
2	B	Yes	2	0	2	0	2	0
3	C	Yes	1	1	2	1	2	0
4	D	Yes	3	1	4	1	4	0
5	E	Yes	2	2	4	2	4	0
6	F	Yes	1	4	5	4	5	0
	Project	Completion	Time	=	5	dzień		
	Total	Cost of	Project	=	\$63	(Cost on CP =	\$63)	
	Number of	Critical	Path(s)	=	3			

Stąd mamy informację, że przedsięwzięcie w czasie granicznym, w najkrótszym czasie może być wykonane w ciągu 5 dni i koszty bezpośrednie wynoszą wtedy 63 tysiące zł. występują trzy różne ścieżki krytyczne.

Rozwiązanie graficzne jest postaci:



Jeżeli wybierzemy analizę skracania pojawia się następujące okienko:

Crashing Analysis

Crashing Option

- Meeting the desired completion time
- Meeting the desired budget cost
- Finding the minimum cost schedule

Project completion time and cost based on normal time: **9 dzieńs** / **\$51**

Project completion time and cost based on crash time: **5 dzieńs** / **\$63**

Desired completion time:

Late penalty per dzień:

Early reward per dzień:

OK

Cancel

Help

Crashing Analysis

Opcje skracania

- Do spotkania wymaganego czasu
- Do spotkania wymaganego budżetu
- Skracanie po minimalnych kosztach

Koszt i czas wykonania w czasie normalnym: **9 dzieńs** / **\$51**

Koszt i czas wykonania w czasie granicznym: **5 dzieńs** / **\$63**

Wymagany czas:

Kara za dzień opóźnienia:

Nagroda za wcześniejsze wykonanie:

OK

Cancel

Help

Aby wykonać analizę czasowo kosztową należy wybrać opcję skracania po minimalnych kosztach i obserwować, co się dzieje z kosztami dzień po dniu:

Skracając czas wykonania do 8 dni mamy:

Crashing Analysis

Crashing Option

- Meeting the desired completion time
- Meeting the desired budget cost
- Finding the minimum cost schedule

Project completion time and cost based on normal time: **9 dzieńs** / **\$51**

Project completion time and cost based on crash time: **5 dzieńs** / **\$63**

Desired completion time: **8**

Late penalty per dzień:

Early reward per dzień:

OK

Cancel

Help

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Otrzymujemy następujący rezultat skracania:

04-06-2004 18:06:46	Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost
1	A	Yes	2	1	2	0	\$9	\$9
2	B	no	2	2	2	0	\$7	\$7
3	C	Yes	2	1	2	0	\$10	\$10
4	D	no	3	3	3	0	\$9	\$9
5	E	Yes	4	2	3	\$2	\$8	\$10
6	F	Yes	1	1	1	0	\$8	\$8
Overall Project:					8	\$2	\$51	\$53

Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost
Nazwa czynności	Ścieżka krytyczna	Normalny czas	Czas graniczny	Sugerowany czas wykonania	Dodatkowy koszt	Koszt normalny	Sugerowany koszt

Z tabeli widać, że czynność E została skrócona o 1 dzień a koszty wzrosły o 2 tys. zł.

Skrócenie do 7 dni daje następujący rezultat:

04-06-2004 18:12:47	Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost
1	A	Yes	2	1	2	0	\$9	\$9
2	B	no	2	2	2	0	\$7	\$7
3	C	Yes	2	1	2	0	\$10	\$10
4	D	no	3	3	3	0	\$9	\$9
5	E	Yes	4	2	2	\$4	\$8	\$12
6	F	Yes	1	1	1	0	\$8	\$8
Overall Project:					7	\$4	\$51	\$55

Z tabeli widać że skrócenie do 7 dni powoduje skrócenie czasu wykonania czynności E do 2 dni oraz wzrost kosztów o kolejne 2 tys. zł.

04-06-2004 18:14:02	Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost
1	A	Yes	2	1	2	0	\$9	\$9
2	B	no	2	2	2	0	\$7	\$7
3	C	Yes	2	1	1	\$3	\$10	\$13
4	D	Yes	3	3	3	0	\$9	\$9
5	E	Yes	4	2	2	\$4	\$8	\$12
6	F	Yes	1	1	1	0	\$8	\$8
Overall Project:					6	\$7	\$51	\$58

Z tabeli widać że skrócenie do 6 dni powoduje skrócenie czasu wykonania czynności C do 1 dnia oraz wzrost kosztów o 3 tys. zł.

04-06-2004 18:16:16	Activity Name	Critical Path	Normal Time	Crash Time	Suggested Time	Additional Cost	Normal Cost	Suggested Cost
1	A	Yes	2	1	1	\$5	\$9	\$14
2	B	Yes	2	2	2	0	\$7	\$7
3	C	Yes	2	1	1	\$3	\$10	\$13
4	D	Yes	3	3	3	0	\$9	\$9
5	E	Yes	4	2	2	\$4	\$8	\$12
6	F	Yes	1	1	1	0	\$8	\$8
Overall Project:					5	\$12	\$51	\$63

Z tabeli widać że skrócenie do 5 dni powoduje skrócenie czasu wykonania czynności A do 1 dnia oraz wzrost kosztów o 5 tys. zł.

Zestawiając te koszty w tabeli i dodając koszty pośrednie otrzymujemy:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Czas trwania przedsięwzięcia (w dniach)	Koszt bezpośredni (w tys. zł)	Koszty pośrednie (w tys. zł)	Koszt całkowity (w tys. zł)
9	51	70	121
8	53	66	119
7	55	62	117
6	58	58	116
5	63	54	117

Źródło: Dane umowne.

Na podstawie wyników analizy czasowo-kosztowej stwierdzamy, że optymalnym jest ten wariant, w którym czas trwania realizacji przedsięwzięcia wynosi 6 dni, ponieważ koszt całkowity jest wtedy najmniejszy i wynosi 116 tys. zł.

PERT

Przy metodzie PERT korzystamy z tego samego moduły tylko w specyfikacji problemu wybieramy probabilistyczny PERT oraz możliwy jest wybór rozkładu czasu wykonania poszczególnych czynności jako domyślny ustawiana jest estymacja przy użyciu trzech czasów (pesymistyczny, dominujący oraz optymistyczny).

PRZYKŁAD

Mając dane o czasach trwania poszczególnych czynności przedsięwzięcia Z oraz ich kolejności w poniższej tabeli określ:

- najkrótszy oczekiwany czas trwania przedsięwzięcia,
- prawdopodobieństwo dotrzymania terminu dyrektywnego 8 dni.

Tabela 3

Czynność	Czas trwania czynności (w dniach)		
	optymistyczny	modalny	pesymistyczny
1-2	1	2	3
1-3	3	3	3
2-3	1	4	7
2-5	3	4	5
3-4	1	1	1
3-5	2	3	4
4-5	1	1	1

Źródło: Dane umowne.

Specyfikacja przedstawionego problemu powinna wyglądać następująco:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Znów konieczne jest określenie czynności bezpośrednio poprzedzających:

Czynność	Nazwa czynności	Czynności bezpośrednio poprzedzające
1-2	A	
1-3	B	
2-3	C	A
2-5	D	A
3-4	E	B,C
3-5	F	B,C
4-5	G	E

Wpisany problem tak jak w okienku poniżej.

Numer czynności	Nazwa czynności	Czynność bezpośrednio poprzedzająca (jako separatora użyć przecinka)	czas optymistyczny	Czas najbardziej prawdopodobny	Czas pesymistyczny
1	A		1	2	3
2	B		3	3	3
3	C	A	1	4	7
4	D	A	3	4	5
5	E	B,C	1	1	1
6	F	B,C	2	3	4
7	G	E	1	1	1

Pojawiają się na pasku dwie nowe ikonki:



Analiza prawdopodobieństwa



Symulacja PERT

Menu wyniki i analiza jest postaci:

Znajdź ścieżkę krytyczną
Rozwiąż w czasie granicznym

Wykonaj analizę możliwości skracania czasu wykonania
Wykonaj analizę prawdopodobieństwa
Wykonaj symulację

Rozwiązanie i analiza

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Wyniki:


Results
Activity Criticality Analysis
Graphic Activity Analysis
Show Critical Path
Gantt Chart
Project Completion Analysis
PERT/ Cost - Table
PERT/ Cost - Graphic
Project Cost Control Report
Perform Crashing Analysis
Show Crashing Result
Perform Probability Analysis
Show Probability Analysis
Perform Simulation
Show Simulation Result - Table
Show Simulation Result - Graphic

Analiza ścieżki krytycznej
 Graficzna analiza ścieżki krytycznej
 Pokaż ścieżkę krytyczną
 Wykres Gantta
 Analiza kompletności wykonania projektu

PERT/ koszt - tabela
 PERT/ koszt - graficznie
 Raport kontrolny kosztów projektu

Wykonaj analizę możliwości skracania czasu wykonania
 Pokaż rezultat skracania
 Wykonaj analizę prawdopodobieństwa
 Pokaż rezultaty analizy prawdopodobieństwa
 Wykonaj symulację
 Pokaż rezultat symulacji w tabeli
 Pokaż rezultat symulacji graficznie

Wyniki

Gdy wybierzemy opcję rozwiązania **Solve Critical Path** lub  otrzymujemy:

04-06-2004 18:53:50	Nazwa czynności	Na ścieżce krytycznej	Czas oczekiwany	Najwcześniejszy możliwy rozpoczęcia	Najwcześniejszy możliwy zakończenia	Najpóźniejszy czas rozpoczęcia	Najpóźniejszy czas zakończenia	Zapasy czasu (luz)	Rozkład czasu	Odchylenie standardowe
04-06-2004 18:53:50	Activity Name	On Critical Path	Activity Mean Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)	Activity Time Distribution	Standard Deviation
1	A	Yes	2	0	2	0	2	0	3-Time estimate	0,3333
2	B	no	3	0	3	3	6	3	3-Time estimate	0
3	C	Yes	4	2	6	2	6	0	3-Time estimate	1
4	D	no	4	2	6	5	9	3	3-Time estimate	0,3333
5	E	no	1	6	7	7	8	1	3-Time estimate	0
6	F	Yes	3	6	9	6	9	0	3-Time estimate	0,3333
7	G	no	1	7	8	8	9	1	3-Time estimate	0
	Project Completion Time		=	9	9	dzisiaj				
	Number of Critical Path(s)		=	1						

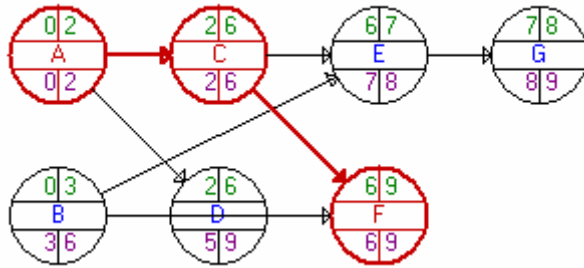
Zatem oczekiwany czas wykonania przedsięwzięcia to 9 dni. Występuje tylko jedna ścieżka krytyczna. Aby sprawdzić jakie jest odchylenie dla danej ścieżki krytycznej od oczekiwanego czasu wykonania należy wybrać opcję w wynikach **Show Critical Path**.


04-06-2004	Critical Path 1
1	A
2	C
3	F
Completion Time	9
Std. Dev.	1,11

Widać, że dla podanej ścieżki krytycznej odchylenie wynosi 1,11, to oznacza, że czas wykonania przedsięwzięcia wynosi: $9 \mp 1,1$ dni.

Podobnie jak w przypadku CPM można zobaczyć graficzne rozwiązanie:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec



Jeżeli chcemy natomiast wyznaczyć prawdopodobieństwo wykonania tego przedsięwzięcia w czasie dyrektywnym należy wybrać analizę prawdopodobieństwa  i pojawi się następujące okienko:

Probability Analysis ✕

The following probability calculation assumes that activities are independent and so are paths. It also assumes that the project has a large enough number of activities to assume the normal distribution, which is used to estimate the probability of finishing a critical path in the desired time. Therefore, when the activities are not independent or the number of activities is not large, the analysis may be biased.

Completion time based on mean/expected time: 9 dzieńś

Number of critical paths: 1

Desired completion time in dzień:

Critical Path:	Standard Dev.:	Probability:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Probability Analysis

The following probability calculation assumes that activities are independent and so are paths. It also assumes that the project has a large enough number of activities to assume the normal distribution, which is used to estimate the probability of finishing a critical path in the desired time. Therefore, when the activities are not independent or the number of activities is not large, the analysis may be biased.

Oczekiwany czas wykonania: **9 dni**

Liczba ścieżek krytycznych: **1**

Wymagany czas wykonania: **8**

Ścieżka krytyczna	Odchylenie standardowe	Prawdopodobieństwo

Wyznacz prawdopodobieństwo Cancel Print Help

Interesuje nas prawdopodobieństwo wykonania tego przedsięwzięcia w ciągu 8 dni zatem:

Probability Analysis

The following probability calculation assumes that activities are independent and so are paths. It also assumes that the project has a large enough number of activities to assume the normal distribution, which is used to estimate the probability of finishing a critical path in the desired time. Therefore, when the activities are not independent or the number of activities is not large, the analysis may be biased.

Completion time based on mean/expected time: **9 dni**

Number of critical paths: **1**

Desired completion time in dzień: **8**

Critical Path:	Standard Dev.:	Probability:
A --> C --> F	1,1055	0,1829

Compute Probability Cancel Print Help

Zatem prawdopodobieństwo wykonania tego przedsięwzięcia w ciągu 8 dni wynosi 18,29%.

Gdyby w sieci zależności wystąpiły więcej niż jedna ścieżka krytyczna to wtedy dostajemy informacje o prawdopodobieństwie na każdej ścieżce krytycznej, a jako całkowite prawdopodobieństwo jest obliczany iloczyn prawdopodobieństw na każdej ścieżce krytycznej, gdyż są to zdarzenia niezależne. Prześledźmy tę sytuację na przykładzie:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

PRZYKŁAD

Mając dane o czasach trwania poszczególnych czynności przedsięwzięcia Z oraz ich kolejności w poniższej tabeli określ:

- najkrótszy oczekiwany czas trwania przedsięwzięcia,
- prawdopodobieństwo dotrzymania terminu dyrektywnego 8 dni.

Tabela 4

Czynność	Czas trwania czynności (w dniach)		
	optymistyczny	modalny	pesymistyczny
1-2	1	2	3
1-3	3	3	3
2-3	1	4	7
2-5	3	4	5
3-4	2	2	2
3-5	2	3	4
4-5	1	1	1

Rozwiążmy ten przykład

04-06-2004 19:24:34	Activity Name	On Critical Path	Activity Mean Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)	Activity Time Distribution	Standard Deviation
1	A	Yes	2	0	2	0	2	0	3-Time estimate	0,3333
2	B	no	3	0	3	3	6	3	3-Time estimate	0
3	C	Yes	4	2	6	2	6	0	3-Time estimate	1
4	D	no	4	2	6	5	9	3	3-Time estimate	0,3333
5	E	Yes	2	6	8	6	8	0	3-Time estimate	0
6	F	Yes	3	6	9	6	9	0	3-Time estimate	0,3333
7	G	Yes	1	8	9	8	9	0	3-Time estimate	0
	Project	Completion	Time	=	9	dzień				
	Number of	Critical	Path(s)	=	2					

Z rozwiązania widać, że występują dwie ścieżki krytyczne, a oczekiwany czas wykonania przedsięwzięcia to 9 dni.

Obserwując ścieżki krytyczne widzimy, że dla każdej z nich mamy następujące odchylenia standardowe:

04-06-2004	Critical Path 1	Critical Path 2
1	A	A
2	C	C
3	E	F
4	G	
Completion Time	9	9
Std. Dev.	1,05	1,11

Obliczając prawdopodobieństwo dla czasu dyrektywnego mamy:

Niniejsze opracowanie pobrano z publicznej domeny: <http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials> i jest autorstwa p.Iwony Staniec

Probability Analysis

The following probability calculation assumes that activities are independent and so are paths. It also assumes that the project has a large enough number of activities to assume the normal distribution, which is used to estimate the probability of finishing a critical path in the desired time. Therefore, when the activities are not independent or the number of activities is not large, the analysis may be biased.

Completion time based on mean/expected time: **9 dni**

Number of critical paths: **2**

Desired completion time in dzień: **8**

Critical Path:	Standard Dev.:	Probability:
A --> C --> E --> G	1,0541	0,1714
A --> C --> F	1,1055	0,1829
Overall Project		0,0313

Compute Probability Cancel Print Help

Prawdopodobieństwo wykonania czynności w czasie oczekiwanym na pierwszej ścieżce krytycznej wynosi 0,1714 a na drugiej 0,1829 dla całości projektu prawdopodobieństwo to wynosi 0,0313 a jest obliczane jako iloczyn prawdopodobieństw tzn. $0,1714 \cdot 0,1829 = 0,0313$.