

Rozdział 4

METODY WIELOKRYTERIALNE

4.2 Ćwiczenia komputerowe

Ćwiczenie 4.1

Wykorzystując program INTERAKT.EXE, rozwiązać następujące zadanie programowania wielokryterialnego:

$$\begin{aligned}x_1 + x_2 &\rightarrow \max \\x_1 + 3x_2 &\rightarrow \max \\2x_1 + x_2 &\rightarrow \max \\2x_1 + 3x_2 &\rightarrow \max \\-2x_1 - 2x_2 &\rightarrow \max\end{aligned}$$

przy ograniczeniach :

$$\begin{aligned}x_1 + 2x_2 &\leq 8 \\4x_1 &\leq 16 \\x_1, x_2 &\geq 0\end{aligned}$$

Rozwiązanie

Z głównego menu systemu "Badania Operacyjne z Komputerem Wersja 2.01 (2007)" wybieramy opcję 'Programowanie wielokryterialne'. W podmenu wybieramy opcję 'Interaktywne programowanie wielokryterialne', po czym postępujemy zgodnie z poniższymi instrukcjami.

1.Wprowadzenie nowego zadania

◀ ↵

Liczba zmiennych ☺¹

◀ 2 ↵

☺¹ Wprowadzamy zadanie w postaci bezpośrednio odpowiadającej sformułowaniu wyjściowemu.

Liczba kryteriów ☺²

◀ 5 ↵

☺² Wprowadzamy liczbę funkcji celu. W programie INTERAKT.EXE wszystkie funkcje kryterialne są maksymalizowane.

Liczba ograniczeń ☺³

◀ 2 ↵

☺³ W programie INTERAKT.EXE przyjmuje się, że wszystkie zmienne są nieujemne, dlatego nie wprowadzamy dodatkowych warunków nieujemności zmiennych.

Pierwsza funkcja celu

◀ 1 ↵ 1 ↵

Druga funkcja celu

◀ 1 ↵ 3 ↵

Trzecia funkcja celu

◀ 2 ↵ 1 ↵

Czwarta funkcja celu

◀ 2 ↵ 3 ↵

Piąta funkcja celu

◀ -2 ↵ -2 ↵

Pierwszy warunek ograniczający

◀ 1 ↵ 2 ↵ ↵ 8 ↵

Drugi warunek ograniczający

◀ 4 ↵ 0 ↵ ↵ 16 ↵

Ograniczenie dolne ☺⁴

◀ ↵ ↵

Ograniczenie górne ☺⁴

◀ ↵ ↵

Podaj nazwę pliku ☺⁵

◀ ↵

☺⁴ Podajemy zakresy zmienności zmiennych występujących w modelu.

☺⁵ Akceptujemy zaproponowaną przez program nazwę pliku, w którym zapisane będzie rozpatrywane zadanie. Możliwe jest zapisanie zadania pod dowolną, inną ośmioznakową nazwą.

4. Rozwiązanie zadania

◀ ↓ ↓ ↓ ↵

Rozwiązywanie zadania

1. Tryb konwersacyjny

◀ ↵

Iteracja 1

Czy chcesz kontynuować obliczenia ☺⁶

◀ ↵

☺⁶ Osiągnięte poziomy funkcji celu nie są satysfakcjonujące, więc kontynuujemy obliczenia.

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 1 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

☺⁷ Wskazujemy najgorszą osiągniętą wartość rozpatrywanego kryterium.

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 1 ☺⁸

◀ ↵

☺⁸ Wskazujemy najlepszą osiągniętą wartość rozpatrywanego kryterium.

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 2 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 2 ☺⁸

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 3 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 3 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 4 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 4 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 5 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 5 ☺⁸

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Czy możliwe jest kontynuowanie obliczeń

Tak Nie ☺⁹

◀ (Tak) ↵

☺⁹ Kontynuowanie obliczeń nie jest możliwe wówczas, gdy wszystkie wartości pesymistyczne są takie same jak wartości optymistyczne.

Podaj prawe strony dodatkowych ograniczeń dla formułowanych zadań ☺¹⁰

◀ ↑ > 3 ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

☺¹⁰ Decydent doszedł do wniosku, że należy dążyć do poprawy wartości pierwszego kryterium, uznając, że minimalną dopuszczalną wartością tego kryterium jest wartość 3. Oczekiwania dla pozostałych celów pozostają na nie zmienionym poziomie.

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

☺¹¹ Otrzymujemy tablice przedstawiające zadania jednokryterialne maksymalizujące kolejne kryteria.

Iteracja 2

Czy chcesz kontynuować obliczenia ☺⁶

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 1 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 1 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 2 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 2 ☺⁸

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 3 ☺⁷

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 3 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 4 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 4 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 5 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 5 ☺⁸

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Czy możliwe jest kontynuowanie obliczeń

Tak Nie ☺⁹

◀ (Tak) ↵

Podaj prawe strony dodatkowych ograniczeń dla formułowanych zadań ☺¹²

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > 8 ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

☺¹² Decydent uznał, że należy dążyć do poprawy wartości drugiego kryterium, przyjmując, że minimalną dopuszczalną wartością tego kryterium jest wartość 8. Oczekiwania dla pozostałych celów pozostają na nie zmienionym poziomie.

Iteracja 3

Czy chcesz kontynuować obliczenia ☺⁶

◀ (Tak) ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 1 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 1 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 2 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 2 ☺⁸

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 3 ☺⁷

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 3 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 4 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 4 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 5 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 5 ☺⁸

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Czy możliwe jest kontynuowanie obliczeń

Tak Nie ☺⁹

◀ (Tak) ↵

Podaj prawe strony dodatkowych ograniczeń dla formułowanych zadań ☺¹³

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > 8 ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

Iteracja 4

Czy chcesz kontynuować obliczenia ☺⁶

◀ (Tak) ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 1 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 1 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 2 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

☺¹³ Decydent doszedł tym razem do wniosku, że należy dążyć do poprawy wartości trzeciego kryterium, przyjmując, że minimalną dopuszczalną wartością tego kryterium jest wartość 8. Oczekiwania dla pozostałych celów pozostają na nie zmienionym poziomie.

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 2 ☺⁸

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 3 ☺⁷

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 3 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 4 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 4 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 5 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 5 ☺⁸

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Czy możliwe jest kontynuowanie obliczeń

Tak Nie ☺⁹

◀ (Tak) ↵

Podaj prawe strony dodatkowych ograniczeń dla formułowanych zadań ☺¹⁴

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > 13 ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

☺¹⁴ Decydent doszedł tym razem do wniosku, że należy dążyć do poprawy wartości czwartego kryterium, przyjmując, że minimalną dopuszczalną wartością tego kryterium jest wartość 13. Oczekiwania dla pozostałych celów pozostają na nie zmienionym poziomie.

Iteracja 5

Czy chcesz kontynuować obliczenia ☺⁶

◀ (Tak) ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 1 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 1 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 2 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 2 ☺⁸

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 3 ☺⁷

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 3 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 4 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 4 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 5 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 5 ☺⁸

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Czy możliwe jest kontynuowanie obliczeń

Tak Nie ☺⁹

◀ (Tak) ↵

Podaj prawe strony dodatkowych ograniczeń dla formułowanych zadań ☺¹⁵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > - 11 ↵

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

☺¹⁵ Decydent doszedł tym razem do wniosku, że należy dążyć do poprawy wartości piątego kryterium, przyjmując, że minimalną dopuszczalną wartością tego kryterium jest wartość - 11. Oczekiwania dla pozostałych celów pozostają na nie zmienionym poziomie.

Iteracja 6

Czy chcesz kontynuować obliczenia ☺⁶

◀ (Tak) ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 1 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 1 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 2 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 2 ☺⁸

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 3 ☺⁷

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 3 ☺⁸

◀ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 4 ☺⁷

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 4 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 5 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 5 ☺⁸

◀ ↓ ↓ ↓ ↓ ↵

Czy możliwe jest kontynuowanie obliczeń

Tak Nie ☺⁹

◀ (Tak) ↵

Podaj prawe strony dodatkowych ograniczeń dla formułowanych zadań ☺¹⁶

◀ ↑ > 5.5 ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

◀ ↵ ☺¹¹

Iteracja 7

Czy chcesz kontynuować obliczenia ☺⁶

◀ (Tak) ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 1 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 1 ☺⁸

◀ ↵

☺¹⁶ Decydent doszedł tym razem do wniosku, że należy ponownie poprawić wartości pierwszego kryterium, przyjmując, że minimalną dopuszczalną wartością tego kryterium jest wartość 5.5. Oczekiwania dla pozostałych celów pozostają na nie zmienionym poziomie.

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 2 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 2 ☺⁸

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 3 ☺⁷

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 3 ☺⁸

◀ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 4 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 4 ☺⁸

◀ ↓ ↵

Wskaż wartość pesymistyczną kryterium 5 ☺⁷

◀ ↵

Wskaż wartość optymistyczną kryterium 5 ☺⁸

◀ ↵

Czy możliwe jest kontynuowanie obliczeń

Tak Nie ☺⁹

◀ (Tak) ↵

Podaj prawe strony dodatkowych ograniczeń dla formułowanych zadań ☺¹⁷

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > 13.5 ↵

◀ ↑ > ↵

☺¹⁷ Decydent doszedł tym razem do wniosku, że należy ponownie poprawić wartości czwartego kryterium, przyjmując, że minimalną dopuszczalną wartością tego kryterium jest wartość 13.5. Oczekiwania dla pozostałych celów pozostają na nie zmienionym poziomie.

Zadanie jest sprzeczne ☺¹⁸

◀ ↵

☺¹⁸ Przy oczekiwaniach decydenta, aby poziom czwartego kryterium był co najmniej 13.5, okazuje się, że nie jest możliwe spełnienie tych oczekiwań.

Podaj prawe strony dodatkowych ograniczeń dla formułowanych zadań ☺¹⁹

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > 10.3 ↵

◀ ↑ > ↵

◀ ↑ > 13.25 ↵

◀ ↑ > ↵

☺¹⁹ Decydent powraca do swych oczekiwań co do czwartego kryterium do poziomu 13.25. Próbuje jednak poprawić wartość kryterium drugiego, przyjmując, że minimalną dopuszczalną wartością tego kryterium jest wartość 10.3. Oczekiwania dla pozostałych celów pozostają na nie zmienionym poziomie.

◀ ↵ ☺¹¹
 ▶ ↵ ☺¹¹
 ▶ ↵ ☺¹¹
 ▶ ↵ ☺¹¹
 ▶ ↵ ☺¹¹

Iteracja 8

Czy chcesz kontynuować obliczenia ?

◀ → (Nie) ↵ ☺²⁰

☺²⁰ Decydent uznaje, że osiągnięte poziomy funkcji celu są dla niego satysfakcjonujące co kończy obliczenia.

Wskaż rozwiązanie końcowe ☺²¹

◀ ↵
 ▶ ↵

☺²¹ Spośród pięciu rozwiązań sprawnych wybieramy jedno rozwiązanie.

5.Przeglądanie rozwiązania

◀ ↓ ↵

1.Zestawienie pełne - wszystkie iteracje ☺²²

◀ ↵ ↓ ... ↓ Esc
 ▶ ↵

☺²² Zestawienie pełne zawiera dane wejściowe, przebieg obliczeń oraz wyniki końcowe.

2.Zestawienie skrócone ☺²³

◀ ↓ ↵ ↓ ... ↓ Esc

☺²³ Zestawienie skrócone zawiera dane wejściowe oraz wyniki końcowe.

0.Powrót do wyboru problemu

◀ 0 ↵ ☺²⁴

☺²⁴ Kończymy działanie programu INTERAKT.EXE.

Ćwiczenie 4.2

Wykorzystując program GOAL.EXE, rozwiązać zadanie programowania celowego:

$$\text{cel 1 : } 2x_1 + 3x_2 + 2x_3 = 15$$

$$\text{cel 2 : } 3x_1 + 2x_2 + 10x_3 \leq 8$$

$$\text{cel 3 : } x_1 + 2x_2 + x_3 \geq 20$$

przy ograniczeniach :

$$2x_1 + x_2 + 2x_3 \leq 15$$

$$x_1 - 2x_2 + 2x_3 \geq 7$$

$$x_1 - x_3 = 2$$

oraz ograniczeniach na zmienne decyzyjne

$$0 \leq x_1, x_2, x_3 \leq 1000$$

Zastosować następującą hierarchię celów. Najważniejsze jest osiągnięcie celu trzeciego, następnie celu drugiego. Najmniej istotny jest cel pierwszy. Dodatkowo podano wartości kary za przekroczenie stopnia osiągnięcia celów w górę i w dół. Dla celu pierwszego przekroczenie w górę będzie karane 2 jednostkami na każdą jednostkę przekroczenia, natomiast przekroczenie w dół będzie karane 4 jednostkami. Przekroczenie celu drugiego będzie karane 2 jednostkami. Dla celu trzeciego za każdą jednostką brakującą do jego osiągnięcia kara wynosi 1.5 jednostek.

Rozwiązanie

Z głównego menu systemu "Badania Operacyjne z Komputerem Wersja 2.01 (2007)" wybieramy opcję 'Programowanie wielokryterialne'. W podmenu wybieramy opcję 'Programowanie celowe', po czym postępujemy zgodnie z poniższymi instrukcjami.

1. Wprowadzenie nowego zadania

◀ ↵

Liczba zmiennych ☺²⁵

◀ 3 ↵

☺²⁵ Wprowadzamy liczbę zmiennych zadania.

Liczba celów ☺²⁶

◀ 3 ↵

☺²⁶ Wprowadzamy liczbę celów.

Liczba ograniczeń ☺²⁷

◀ 3 ↵

☺²⁷ Wprowadzamy liczbę ograniczeń zadania.

Cel pierwszy

◀ 2 ↵ 3 ↵ 2 ↵ = 15 ↵
2 ☺²⁸ ↵ 4 ☺²⁹ ↵ 3 ☺³⁰ ↵

☺²⁸ Wprowadzamy możliwe odchylenia in plus we wprowadzanej funkcji celu.

Cel drugi

◀ 3 ↵ 2 ↵ 10 ↵ ↑ < 8 ↵
2 ☺²⁸ ↵ 0 ☺²⁹ ↵ 2 ☺³⁰ ↵

☺²⁹ Wprowadzamy możliwe odchylenia in minus we wprowadzanej funkcji celu.

☺³⁰ Określamy poziom hierarchii celu.

Cel trzeci

◀ 1 ↵ 2 ↵ 1 ↵ ↑ > 20 ↵
0 ☺²⁸ ↵ 1.5 ☺²⁹ ↵ 1 ☺³⁰ ↵

Pierwszy warunek ograniczający

◀ 2 ↵ 1 ↵ 2 ↵ ↑ < 15 ↵

Drugi warunek ograniczający

◀ 1 ↵ -2 ↵ 2 ↵ ↑ > 7 ↵

Trzeci warunek ograniczający

◀ 1 ↵ 0 ↵ -1 ↵ = 2 ↵

Ograniczenie dolne

◀ ↵ ↵ ↵ ☺³¹

☺³¹ Podajemy zakres zmienności zmiennych występujących w zadaniu.

Ograniczenie górne

◀ 1000 ↵ 1000 ↵ 1000 ↵ ☺³¹

Podaj nazwę pliku ☺³²

◀ ↵

☺³² Akceptujemy zaproponowaną przez program nazwę pliku, w którym zapisane będzie rozpatrywane zadanie. Możliwe jest również zapisanie zadania pod dowolną, inną ośmioznakową nazwą.

4. Rozwiązanie zadania



Rozwiązywanie zadania

3. Tryb konwersacyjny



Bilansowanie celów

Określ współczynniki równania bilansującego

cel 1 ☺³³

$$\begin{array}{r} \blacktriangleleft \quad 2 \downarrow 3 \downarrow \\ \quad 2 \downarrow \\ \quad -1 \downarrow 1 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ = 15 \downarrow \end{array}$$

☺³³ Rozpatrywany cel zapisujemy w postaci równości, wprowadzając dwie zmienne $y_i(+)$ ze współczynnikiem -1 oraz $y_i(-)$ ze współczynnikiem 1 .

Określ współczynniki równania bilansującego

cel 2 ☺³³

$$\begin{array}{r} \blacktriangleleft \quad 3 \downarrow 2 \downarrow \\ \quad 10 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad -1 \downarrow 1 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ = 8 \downarrow \end{array}$$

Określ współczynniki równania bilansującego

cel 3

$$\begin{array}{r} \blacktriangleleft \quad 1 \downarrow 2 \downarrow \\ \quad 1 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad -1 \downarrow 1 \downarrow \\ = 20 \downarrow \end{array}$$

Formułowanie zadania Z(1) ☺³⁴

Określ współczynniki funkcji celu zadania Z(1)

$$\begin{array}{r} \blacktriangleleft \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 1.5 \downarrow \\ \quad \downarrow \end{array}$$

☺³⁴ Zadanie Z(1) formułujemy dla celów pierwszego poziomu hierarchii.

Zadanie Z(1)



Formułowanie zadania Z(2) ☺³⁵

Określ współczynniki funkcji celu zadania Z(2)

$$\begin{array}{r} \blacktriangleleft \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad 2 \downarrow 0 \downarrow \\ \quad 0 \downarrow 0 \downarrow \end{array}$$

☺³⁵ Zadanie Z(2) formułujemy dla celów drugiego poziomu hierarchii.

Określ współczynniki dodatkowego ograniczenia w zadaniu Z(2) ☺³⁶

◀ 0 ↵ 0 ↵
0 ↵
0 ↵ 0 ↵
0 ↵ 0 ↵
0 ↵ 1.5 ↵ = 16.09 ↵

☺³⁶ Należy zagwarantować osiągnięcie optymalności funkcji celu dla zadania zastępczego Z(1).

Zadanie Z(2)

◀ ↵ ↵

Formułowanie zadania Z(3) ☺³⁷

Określ współczynniki funkcji celu zadania Z(3)

◀ 0 ↵ 0 ↵
0 ↵
2 ↵ 4 ↵
0 ↵ 0 ↵
0 ↵ 0 ↵

☺³⁷ Zadanie Z(3) formułujemy dla celów trzeciego poziomu hierarchii.

Określ współczynniki dodatkowego ograniczenia w zadaniu Z(3) ☺³⁸

◀ 0 ↵ 0 ↵
0 ↵
0 ↵ 0 ↵
2 ↵ 0 ↵
0 ↵ 0 ↵
= 64.55 ↵

☺³⁸ Należy zagwarantować osiągnięcie optymalności funkcji celu dla zadania zastępczego Z(2).

Zadanie Z(3)

◀ ↵ ↵

Rozwiązanie optymalne

◀ ↵

5.Przeglądanie rozwiązania

◀ ↓ ↵

1.Zestawienie pełne - wszystkie iteracje ☺³⁹

◀ ↵ ↓ ... ↓ Esc
◀ ↵

☺³⁹ Zestawienie pełne zawiera dane wejściowe, przebieg obliczeń oraz wyniki końcowe.

2.Zestawienie skrócone ☺⁴⁰

◀ ↓ ↵ ↓ ... ↓ Esc

☺⁴⁰ Zestawienie skrócone zawiera dane wejściowe oraz wyniki końcowe.

0.Powrót do wyboru problemu

◀ 0 ↵ ☺⁴¹

☺⁴¹ Kończymy działanie programu GOAL.EXE.

Ćwiczenie 4.3

Wykorzystując tryb rozwiązywania końcowego programu GOAL.EXE, rozwiązać zadanie otrzymane jako model matematyczny w przykładzie 4.16, opisanym w podręczniku "Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem".

Rozwiązanie

W przykładzie 4.2 otrzymano model w postaci :

$$\text{cel 1 : } 10 x_1 + 8 x_2 + 13 x_3 \geq 100$$

$$\text{cel 2 : } 4 x_1 + 2 x_2 + 3 x_3 = 30$$

$$\text{cel 3 : } 5 x_1 + 7 x_2 + 8 x_3 \leq 40$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

Dodatkowo podano wartości kary za przekroczenie celów w górę i w dół. Dla celu pierwszego za każdą jednostkę brakującą do jego osiągnięcia kara wynosi 6 jednostek. Dla celu drugiego przekroczenie w górę będzie karane 2 jednostkami na każdą jednostkę przekroczenia, natomiast przekroczenie w dół będzie karane 5 jednostkami. Przekroczenie celu trzeciego będzie karane czterema jednostkami.

Z głównego menu systemu "Badania Operacyjne z Komputerem Wersja 2.01 (2007)" wybieramy opcję 'Programowanie wielokryterialne'. W podmenu wybieramy opcję 'Programowanie celowe', po czym postępujemy zgodnie z poniższymi instrukcjami.

1.Wprowadzenie nowego zadania

◀ ↵

Liczba zmiennych

◀ 3 ↵

Liczba celów

◀ 3 ↵

Liczba ograniczeń

◀ 0 ↵

Cel pierwszy

◀ 10 ↵ 8 ↵ 13 ↵ ↑ > 100 ↵
0 ↵ 6 ↵ 1 ↵

Cel drugi

◀ 4 ↵ 2 ↵ 3 ↵ = 30 ↵
2 ↵ 5 ↵ 1 ↵

Cel trzeci

◀ 5 ↵ 7 ↵ 8 ↵ ↑ < 40 ↵
4 ↵ 0 ↵ 1 ↵

Ograniczenie dolne

◀ ↵ ↵ ↵

Ograniczenie górne

◀ ↵ ↵ ↵

Podaj nazwę pliku

◀ ↵

4. Rozwiązanie zadania

◀ ↓ ↓ ↓ ↵

Rozwiązywanie zadania

3. Rozwiązanie końcowe

◀ ↓ ↓ ↵ ☺⁴²

☺⁴² Wybieramy opcję 'Rozwiązanie końcowe', która pozwala nam przejść bezpośrednio do analizy rozwiązania optymalnego.

Rozwiązanie optymalne

◀ ↵

5. Przeglądanie rozwiązania

◀ ↓ ↵

1. Zestawienie pełne - wszystkie iteracje ☺⁴³

◀ ↵ ↓ ... ↓ Esc

☺⁴³ Zestawienie pełne zawiera dane wejściowe, przebieg obliczeń oraz wyniki końcowe.

◀ ↵

2. Zestawienie skrócone ☺⁴⁴

◀ ↓ ↵ ↓ ... ↓ Esc

☺⁴⁴ Zestawienie skrócone zawiera dane wejściowe oraz wyniki końcowe.

0. Powrót do wyboru problemu

◀ 0 ↵

Ćwiczenie 4.4

Wykorzystując tryb rozwiązania końcowego programu SIMP_INT.EXE, rozwiązać zadanie programowania wielokryterialnego przedstawionego w przykładzie 4.15, opisanym w podręczniku "Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem", stosując ścisłą hierarchię celów.

Rozwiązanie

Uzyskany w przykładzie 4.15 model, na pierwszym poziomie hierarchii, po zamianie odpowiednio zmiennych x_A na x_1 , x_B na x_2 , x_C na x_3 , x_D na x_4 oraz x_E na x_5 ma postać:

$$\begin{aligned} 30x_1 + 28x_2 + 23x_3 + 19x_4 + 18x_5 &\rightarrow \min \\ 7.5x_1 + 7x_2 + 5.75x_3 + 4.75x_4 + 4.5x_5 &\geq 70 \\ 0.16x_1 + 0.15x_2 + 0.12x_3 + 0.1x_4 + 0.1x_5 &\geq 2 \\ 0 \leq x_1 \leq 4 \\ 0 \leq x_2 \leq 4 \\ 0 \leq x_3 \leq 4 \\ 0 \leq x_4 \leq 4 \\ 0 \leq x_5 \leq 4 \end{aligned}$$

x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 – całkowite

Z głównego menu systemu "Badania Operacyjne z Komputerem Wersja 2.01 (2007)" wybieramy opcję 'Programowanie całkowitoliczbowe'. W podmenu wybieramy opcję 'Metoda podziału i ograniczeń', po czym postępujemy zgodnie z poniższymi instrukcjami.

1. Wprowadzenie nowego zadania

◀ ↵

Rodzaj zadania:

Maksymalizacja Minimalizacja

◀ → ↵

Liczba zmiennych

◀ 5 ↵

Liczba ograniczeń

◀ 2 ↵

Współczynniki funkcji celu

◀ 30 ↵ 28 ↵ 23 ↵ 19 ↵ 18 ↵

Pierwszy warunek ograniczający

◀ 7.5 ↵ 7 ↵ 5.75 ↵
4.75 ↵ 4.5 ↵ $\uparrow > 70$ ↵

Drugi warunek ograniczający

◀ 0.16 ↵ 0.15 ↵ 0.12 ↵
0.1 ↵ 0.1 ↵ $\uparrow > 2$ ↵

Warunki narzucone na zmienną x_1

◀ 0 ↵ 4 ↵ ↵

Warunki narzucone na zmienną x_2

◀ 0 ↵ 4 ↵ ↵

Warunki narzucone na zmienną x_3

◀ 0 ↵ 4 ↵ ↵

Warunki narzucone na zmienną x_4

◀ 0 ↵ 4 ↵ ↵

Warunki narzucone na zmienną x_5

◀ 0 ↵ 4 ↵ ↵

Podaj nazwę pliku

◀ INT ↵ ☺⁴⁵

☺⁴⁵ Zapisujemy zadanie do pliku o nazwie INT.Z20.

4. Rozwiązanie zadania

◀ ↓ ↓ ↓ ↵

Rozwiązywanie zadania

3. Rozwiązanie końcowe

◀ ↓ ↓ ↵

Rozwiązania optymalne ☺⁴⁶

☺⁴⁶ Otrzymaliśmy listę rozwiązań optymalnych.

◀ <F2> ☺⁴⁷ Esc Esc

◀ ↵

☺⁴⁷ Wciskając klawisz <F2>, możemy uzyskać dane dotyczące rozwiązania w postaci

wartości kolejnych zmiennych, narzuconych na nie ograniczeń i ewentualnych warunków całkowitoliczbowości.

5. Przeglądanie rozwiązania

◀ ↓ ↵

1. Zestawienie pełne – wszystkie iteracje ☺⁴⁸

◀ ↵ ↓ ... ↓ Esc ↵
◀ ↵

☺⁴⁸ W zestawieniu pełnym znajdują się dane wejściowe, przebieg obliczeń oraz wyniki końcowe.

2. Zestawienie skrócone ☺⁴⁹

◀ ↓ ↵ ↓ ... ↓ Esc

☺⁴⁹ W zestawieniu skróconym znajdują się dane wejściowe i rozwiązanie końcowe.

0. Powrót do wyboru problemu

◀ 0 ↵

Ćwiczenie 4.5

Wykorzystując tryb rozwiązania końcowego programu SIMP_INT.EXE, rozwiązać zadanie programowania wielokryterialnego przedstawionego w przykładzie 4.15, opisanym w podręczniku "Wprowadzenie do badań operacyjnych z komputerem", stosując quasi hierarchię celów.

Rozwiązanie

Uzyskany w przykładzie 4.15 model, na pierwszym poziomie hierarchii, po zamianie odpowiednio zmiennych x_A na x_1 , x_B na x_2 , x_C na x_3 , x_D na x_4 oraz x_E na x_5 ma postać:

$$30x_1 + 28x_2 + 23x_3 + 19x_4 + 18x_5 \rightarrow \min$$

$$7.5x_1 + 7x_2 + 5.75x_3 + 4.75x_4 + 4.5x_5 \geq 70$$

$$0.16x_1 + 0.15x_2 + 0.12x_3 + 0.1x_4 + 0.1x_5 \geq 2$$

$$0 \leq x_1 \leq 4$$

$$0 \leq x_2 \leq 4$$

$$0 \leq x_3 \leq 4$$

$$0 \leq x_4 \leq 4$$

$$0 \leq x_5 \leq 4$$

x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 – całkowite

Z głównego menu systemu "Badania Operacyjne z Komputerem Wersja 2.01 (2007)" wybieramy opcję 'Programowanie całkowitoliczbowe'. W podmenu wybieramy opcję 'Metoda podziału i ograniczeń', po czym postępujemy zgodnie z poniższymi instrukcjami.

2. Wczytanie zadania z pliku ☺⁵⁰

◀ ↓ ↵

☺⁵⁰ Wczytujemy zadanie wprowadzone w ćwiczeniu 4.4.

◀ ↵ ☺⁵¹

☺⁵¹ Wczytujemy plik INT.Z20.

◀ ↵

◀ ↵

4. Rozwiązanie zadania

◀ ↓ ↓ ↵

Rozwiązywanie zadania

3. Rozwiązanie końcowe

◀ ↓ ↓ ↵

Rozwiązania optymalne

◀ <F2> ☺⁴⁷ Esc Esc
◀ ↵

5. Przeglądanie rozwiązania

◀ ↓ ↵

1. Zestawienie pełne – wszystkie iteracje ☺⁵²

◀ ↵ ↓ ... ↓ Esc
◀ ↵

☺⁵² W zestawieniu pełnym znajdują się dane wejściowe, przebieg obliczeń oraz wyniki końcowe.

2. Zestawienie skrócone ☺⁵³

◀ ↓ ↵ ↓ ... ↓ Esc

☺⁵³ W zestawieniu skróconym znajdują się dane wejściowe oraz rozwiązanie końcowe.

Na drugim poziomie hierarchii znajdujemy rozwiązanie modelu:

$$\begin{aligned} 30x_1 + 28x_2 + 23x_3 + 19x_4 + 18x_5 &\rightarrow \min \\ 7.5x_1 + 7x_2 + 5.75x_3 + 4.75x_4 + 4.5x_5 &\geq 70 \\ 0.16x_1 + 0.15x_2 + 0.12x_3 + 0.1x_4 + 0.1x_5 &\geq 2 \\ 30x_1 + 28x_2 + 23x_3 + 19x_4 + 18x_5 &\leq 410 \\ 0 \leq x_1 &\leq 4 \\ 0 \leq x_2 &\leq 4 \\ 0 \leq x_3 &\leq 4 \\ 0 \leq x_4 &\leq 4 \\ 0 \leq x_5 &\leq 4 \end{aligned}$$

x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 – całkowite

Do znalezienia rozwiązania wykorzystujemy ponownie program SIMP_INT.EXE oraz wprowadzony poprzednio zbiór z zadaniem o nazwie INT.Z20. Postępujemy zgodnie z poniższymi instrukcjami.

2. Wczytanie zadania z pliku ☺⁵⁴

◀ ↓ ↵

☺⁵⁴ Wczytujemy ponownie zadanie wprowadzone w ćwiczeniu 4.4.

◀ ↵ ☺⁵⁵

☺⁵⁵ Wczytujemy plik INT.Z20.

◀ ↵

◀ ↵

3. Edycja zadania ☺⁵⁶

◀ ↓ ↵

☺⁵⁶ Za pomocą opcji pozwalającej na edycję wprowadzimy różnice między zadaniami.

Rodzaj zadania:

Maksymalizacja Minimalizacja

◀ ↵

Liczba zmiennych

◀ ↵

Liczba ograniczeń ☺⁵⁷

◀ 3 ↵

☺⁵⁷ Zwiększamy liczbę ograniczeń.

Współczynniki funkcji celu

◀ ↵ ↵ ↵ ↵ ↵

Pierwszy warunek ograniczający

◀ ↵ ↵ ↵ ↵
↵ ↵ ↵ ↵

Drugi warunek ograniczający

◀ ↵ ↵ ↵ ↵
↵ ↵ ↵ ↵

Trzeci warunek ograniczający ☺⁵⁸

◀ 30 ↵ 28 ↵ 23 ↵
19 ↵ 18 ↵ ↵ 410 ↵

☺⁵⁸ Wprowadzamy dodatkowe ograniczenie wynikające z osiągniętego rozwiązania w pierwszym etapie.

Zmienna x_1

◀ End ☺⁵⁹

☺⁵⁹ Możemy zaakceptować cały ekran wciskając klawisz End.

Podaj nazwę pliku

◀ ↵

4. Rozwiązanie zadania

◀ ↓ ↵

Rozwiązywanie zadania

3. Rozwiązanie końcowe

◀ ↓ ↓ ↵

Rozwiązania optymalne

◀ <F2> ☺⁴⁷ Esc Esc

◀ ↵

5. Przeglądanie rozwiązania

◀ ↵

1. Zestawienie pełne – wszystkie iteracje ☺⁶⁰

◀ ↵ ↓ ... ↓ Esc

◀ ↵

☺⁶⁰ W zestawieniu pełnym znajdują się dane wejściowe, przebieg obliczeń oraz wyniki końcowe.

2. Zestawienie skrócone ☺⁶¹

◀ ↓ ↵ ↓ ... ↓ Esc

☺⁶¹ W zestawieniu skróconym znajdują się dane wejściowe oraz rozwiązanie końcowe.

0. Powrót do wyboru problemu

◀ 0 ↵