

Optymalizacja we wspomaganiu decyzji (OWD)

Projekt 9: Zadanie optymalnego planowania produkcji

Wykonał: Mateusz Hryciów (283365)

1. Treść zadania

Rozważamy następujące uproszczone zagadnienie optymalnego planowania produkcji:

- Przedsiębiorstwo rozpatruje możliwość podjęcia dodatkowej działalności, polegającej na produkcji i sprzedaży 7 produktów P1, . . . ,P7 w ciągu najbliższych 3 miesięcy.
- Produkty są wytwarzane na następujących maszynach: 4 szlifierkach, 2 wiertarkach pionowych, 3 wiertarkach poziomych, 1 frezarce i 1 tokarce. Z każdym produktem związana jest marża (w zł/sztukę), która stanowi wkład do zysku firmy. Marże oraz wymagane czasy produkcji 1 sztuki produktu (w godzinach) w danym procesie obróbki zostały przedstawione w poniższej tabeli:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Marża	10	6	8	4	11	9	3
Szlifowanie	0,5	0,7	-	-	0,3	0,2	0,5
Wiercenie pionowe	0,1	0,2	-	0,3	-	0,6	-
Wiercenie poziome	0,2	-	0,8	-	-	-	0,6
Frezowanie	0,05	0,03	-	0,07	0,1	-	0,08
Toczenie	-	-	0,01	-	0,05	-	0,05

- Istnieją ograniczenia rynkowe na liczbę sprzedawanych produktów w danym miesiącu. Są one następujące:

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Styczeń	500	1000	300	300	800	200	100
Luty	600	500	200	0	400	300	150
Marzec	300	600	0	0	500	400	100

- Istnieje możliwość składowania do 100 sztuk każdego produktu w danym czasie w cenie 0,5 zł/sztukę za miesiąc. Pod koniec marca wymagane jest posiadanie zapasu 50 sztuk każdego produktu.
- Należy osiągnąć możliwie największy zysk przy jak najkrótszym czasie pracy przedsiębiorstwa. Można założyć, że maksymalny czas pracy przedsiębiorstwa to 24 dni w miesiącu (6 dni w tygodniu) w systemie dwóch zmian po 8 godzin każda.

2. Metoda ważenia ocen

Wszystkie symulacje dotyczące niniejszego projektu zostały wykonane przy użyciu programu AMPL oraz solvera CPLEX.

2.1. Dodatkowe założenia

Przed przystąpieniem do realizacji projektu przyjęto dodatkowe założenia:

- opłaty za przechowywanie produktów w magazynie oraz zysk ze sprzedaży obliczane są w momencie zakończenia danego miesiąca,
- zysk związany ze skróceniem czasu pracy przedsiębiorstwa określono, jako minimalną różnicę pomiędzy maksymalną liczbą godzin pracy w danym miesiącu, a liczbą godzin potrzebną na wykonanie danej czynności,
- w momencie rozpoczęcia produkcji w magazynie nie znajdowały się żadne produkty,
- składowanie produktów w magazynie nie generuje zysków.

2.2. Indeksy

W dalszej części pracy zastosowane będą indeksy:

Indeks	Zbiór	Zawartość zbioru	Opis
p	P	$\{p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7\}$	Zawiera wszystkie produkty wytwarzane przez przedsiębiorstwo
c	C	$\{szlifowanie, wiercenie pionowe, wiercenie poziome, frezowanie, toczenie\}$	Wszystkie czynności realizowane przez przedsiębiorstwo
m	M	$\{styczeń, luty, marzec\}$	Miesiące, w których prowadzona jest produkcja

2.3. Parametry

Parametr	Opis
$cZ_{c,p}$	Czas czynności wymagany do stworzenia jeden sztuki danego produktu $\left[\frac{godz}{szt.}\right]$
m_p	Marża produktu $\left[\frac{zł}{szt.}\right]$
$or_{m,p}$	Ograniczenia rynkowe na produkcję wybranego produktu w danym miesiącu $[szt.]$
$masz_c$	Liczba maszyn wykonujących daną czynność $[szt.]$
T	Maksymalny czas produkcji w jednym miesiącu (24 dni po 16 godzin) $[godz.]$
$Tm_c = T \cdot masz_c$	Maksymalny czas użytkowania danego typu maszyn w jednym miesiącu $[godz.]$
S	Maksymalna liczba składowanych produktów każdego rodzaju w danym czasie $[szt.]$
Z	Wymagany zapas każdego z produktów pod koniec ostatniego miesiąca (marca) $[szt.]$
KS	Koszt składowania w magazynie jednej sztuki produktu $\left[\frac{zł}{szt.}\right]$
w_1, w_2	Wagi funkcji celu

2.4. Zmienne decyzyjne

Zmienna decyzyjna	Opis
$p_{p,m}$	Liczba wyprodukowanych sztuk każdego z produktów w danym miesiącu [szt.] (główna zmienna decyzyjna)
$mag_{m,p}$	Liczba sztuk produktów w magazynie na koniec każdego z miesięcy [szt.]
$Tc_{m,c}$	Całkowity czas wykonywania danej czynności w każdym z miesięcy [godz.]
KM	Całkowity koszt składowania wszystkich produktów w magazynie [zł]
zT_m	Zysk czasu w każdym z miesięcy [godz.]
zT	Sumaryczny zysk czasu w trakcie działania przedsiębiorstwa [godz.]
zP	Sumaryczny zysk pieniężny [zł]

2.5. Obliczenia i ograniczenia

W celu określenia zysku związanego z oszczędnością czasu należy określić czasy całkowite wykonywania danej czynności w każdym z miesięcy:

$$Tc_{m,c} = \sum_{p \in P} p_{p,m} \cdot cz_{c,p} \text{ dla } m \in M \text{ oraz } c \in C$$

W celu określenia całkowitych kosztów składowania produktów w magazynie skorzystano z zależności:

$$KM = \sum_{m \in M} \sum_{p \in P} mag_{m,p} \cdot KS$$

Ponadto wprowadzono pewne ograniczenia:

- ograniczenie związane z czasem użycia maszyn wykonujących wybraną czynność w danym miesiącu

$$Tc_{m,c} \leq Tm_c \text{ dla } m \in M \text{ oraz } c \in C$$

- ograniczenie na maksymalną liczbę produktów każdego typu przechowywaną w magazynie

$$mag_{m,p} \leq S \text{ dla } m \in M \text{ oraz } p \in P$$

- ograniczenie związane z produkcją

$$mag_{m,p} \geq p_{p,m} - or_{m,p} + mag_{m-1,p} \text{ dla } m \in M \text{ oraz } p \in P$$

Zmienna $mag_{m,p}$ będzie minimalizowana, aby nie generować kosztów związanych z przechowywaniem produktów w magazynie. Jednocześnie produkcja $p_{p,m}$ będzie maksymalizowana, aby zwiększyć zyski ze sprzedaży. Należy dodać, że przyjęto założenia, że $mag_{m,p} \geq 0$ oraz przed rozpoczęciem produkcji magazyn był pusty.

- ograniczenie związane ze stanem magazynu w ostatnim miesiącu

$$mag_{m,p} \geq Z \text{ dla } m = \text{marzec}$$

Ponownie zmienna ta będzie minimalizowana, aby nie generować zbyt dużych kosztów związanych ze składowaniem.

- dodatkowe ograniczenie związane z zyskiem czasu

$$zT_m \leq \min \left(\frac{Tm_c - Tc_{m,c}}{masz_c} \right) \text{ dla } m \in M \text{ oraz } c \in C$$

Pamiętając, że celem jest skrócenie czasu pracy przedsiębiorstwa, to zysk związany z czasem będzie maksymalizowany. Wyrażony jest on, jako minimalna liczba godzin, przez które w przedsiębiorstwie nie pracuje żadna maszyna.

- zmienne nie mogą być ujemne

$$p_{p,m}, Tc_{m,c}, mag_{m,p} \geq 0 \text{ dla } m \in M, p \in P \text{ oraz } c \in C$$

2.6. Funkcja celu

Celem optymalizacji jest maksymalizacja zysku przy jak najkrótszym czasie przedsiębiorstwa. Zatem dla metody ważenie ocen funkcja celu przybiera postać:

$$\max (w_1 zP + w_2 zT)$$

gdzie: w_1 oraz w_2 to dodatnie wagi, natomiast zP i zT to zyski związane odpowiednio z zarobionymi pieniędzmi oraz zaoszczędzonym czasem. Można je dodatkowo przedstawić jako:

$$zP = \left[\sum_{p \in P} \sum_{m \in M} (p_{p,m} - mag_{m,p}) \cdot m_p \right] - KM$$

$$zT = \sum_{m \in M} zT_m$$

3. Metoda referencyjnego programowania celowego

3.1. Dodatkowe parametry i zmienne

Parametr lub zmienna	Opis
a_P, a_T	Poziomy aspiracji dla zysku związanego z zarobionymi pieniędzmi oraz zaoszczędzonym czasem. Wyrażają pożądane wartości.
d_P^-, d_T^-	Ujemne odchylenia zysku pieniężnego oraz czasowego względem określonego poziomu aspiracji.
d_P^+, d_T^+	Dodatnie odchylenia zysku pieniężnego oraz czasowego względem określonego poziomu aspiracji.
w_P^-, w_T^-	Wagi z jakimi w funkcji celu będą brane pod uwagę ujemne odchylenia. Wyrażają one koszty związane z niespełnieniem wymagań.
w_P^+, w_T^+	Wagi z jakimi w funkcji celu będą brane pod uwagę dodatnie odchylenia. Wyrażają one koszty związane z niespełnieniem wymagań.

3.2. Obliczenia i ograniczenia

W przypadku referencyjnego programowania celowego należy wprowadzić nowe ograniczenia

- standardowe równania celowe

$$zT + d_T^- - d_T^+ = a_T$$

$$zP + d_P^- - d_P^+ = a_P$$

- warunki na odchylenia

$$d_i^- \cdot d_i^+ = 0$$

Uniemożliwia to jednoczesne istnienie ujemnych i dodatnich odchyłek od wybranej wielkości.

- odchylenia nie mogą przyjmować wartości ujemnych

$$d_P^-, d_P^+, d_T^-, d_T^+ \geq 0$$

- dla maksymalizacji wagi muszą spełniać zależność

$$0 < w_T^+ < w_T^-$$

$$0 < w_P^+ < w_P^-$$

3.3. Funkcja celu

W przypadku maksymalizacji przy użyciu referencyjnego programowania celowej funkcję celu wyraża się jako:

$$\text{lexmin} [g_1(\mathbf{d}^-, \mathbf{d}^+), g_2(\mathbf{d}^-, \mathbf{d}^+)]$$

Przy czym:

$$g_1(\mathbf{d}^-, \mathbf{d}^+) = \max(w_T^- d_T^- + w_T^+ d_T^+, w_P^- d_P^- + w_P^+ d_P^+)$$

$$g_2(\mathbf{d}^-, \mathbf{d}^+) = w_T^- d_T^- + w_T^+ d_T^+ + w_P^- d_P^- + w_P^+ d_P^+$$

4. Omówienie wyników i porównanie metod

W przypadku metody ważenia ocen przyjęto, że wagi w funkcji celu będą przyjmowały wartości odpowiednio $w_1 = 1$ oraz $w_2 = 2$. Przy wyżej wspomnianych wartościach poszczególnych parametrów otrzymano rozwiązanie:

Zysk pieniężny zP	Zysk czasowy zT	Sumaryczny zysk
59475	365.75	59840.75

Dodatkowo uzyskano produkcje każdego z produktów na poziomie:

Produkcja w każdym z miesięcy	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Styczeń	500	1000	300	300	800	200	100
Luty	600	500	200	0	400	300	150
Marzec	350	650	50	50	550	450	150

Natomiast stan magazynu wynosił:

Stan magazynu na koniec każdego miesiąca	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Styczeń	0	0	0	0	0	0	0
Luty	0	0	0	0	0	0	0
Marzec	50	50	50	50	50	50	50

Na podstawie powyższych tabel można stwierdzić, że liczba wyprodukowanych produktów całkowicie pokryła ograniczenia rynkowe. Z tego względu można przypuszczać, że zrezygnowanie z pewnej liczby maszyn pozwoliłoby zwiększyć zyski. Jednakże nieznane są koszty obsługi zatem niemożliwa jest dalsza analiza tego zagadnienia.

Dodatkowo można zauważyć, że z powodu zapasu czasu nie było potrzeby wcześniejszego gromadzenia produktów w magazynie, aby wypełnić wymagania na końcową liczbę zasobów. Dzięki temu całość zapasu wyprodukowano w ostatnim miesiącu, aby dodatkowo nie zwiększać nakładów pieniężnych na magazynowanie produktów.

Następnie zweryfikowano użycie referencyjnego programowania celowego. W badanym przypadku występuje zagadnienie maksymalizacji zysku. Z tego powodu wagi, będące odpowiednikami kar, będą większe dla każdej ujemnej odchyłki niż dla dodatniej. Przyjęto, że $w_T^- = w_P^- = 10$ oraz $w_T^+ = w_P^+ = 1$. Zbadano wpływ różnych poziomów aspiracji związanych z zyskiem pieniężnym. Przyjęto poziom aspiracji związany z zaoszczędzonym czasem jako $a_T = 365.75$.

W pierwszym przypadku przyjęto poziom aspiracji $a_P = 59400$. Otrzymano:

Wartość funkcji celu	Zysk pieniężny zP	Zysk czasowy zT	Sumaryczny zysk
0	59400	365.75	59765.75

Wartość funkcji celu jest równa 0, co oznacza, że wymagania zostały spełnione i nie istnieją, żadne odchyłki. Produkcja zmieniła się w ten sposób, że końcowy stan magazynu prezentował się następująco:

Stan magazynu na koniec każdego miesiąca	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Styczeń	0	0	0	0	0	0	0
Luty	0	0	0	0	0	0	0
Marzec	50	50	100	50	50	78	50

Zatem można stwierdzić, że nastąpiło sztuczne obniżenie zysków, poprzez zwiększenie kosztów związanych z magazynowaniem.

W drugim przypadku przyjęto poziom aspiracji $a_P = 59475$, czyli taki sam, jak w uzyskano dla metody ważenia ocen. Otrzymano:

Wartość funkcji celu	Zysk pieniężny zP	Zysk czasowy zT	Sumaryczny zysk
0	59475	365.75	59840.75

Ponownie zerowa wartość funkcji celu informuje o spełnieniu wszystkich wymagań. Uzyskane wyniki są identyczne, jak w przypadku metody ważenia ocen.

Ostatni przyjęty poziom aspiracji to $a_P = 60000$. Otrzymano:

Wartość funkcji celu	Zysk pieniężny zP	Zysk czasowy zT	Sumaryczny zysk
540	59475	365.75	59840.75

Tym razem wartość funkcji celu jest dodatnia, co oznacza, że nie udało się zrealizować wszystkich celów. Zatem można stwierdzić, że uzyskanie określonego zysku jest niemożliwe dla badanych parametrów.

Dla badanych metod w przypadku zadanych parametrów uzyskano takie same maksymalne wartości zysku związanego z zarobionymi pieniędzmi, jak i zaoszczędzonym czasem. W przypadku referencyjnego programowania celowego, generuje ono efektywne rozwiązania zagadnienia maksymalizacji. Natomiast metoda ważenia ocen, w szczególności w przypadku zadań dyskretnych nie gwarantuje znalezienia rozwiązania optymalnego. W projekcie rozważano problem dyskretny, gdyż liczba wytwarzanych produktów musiała być liczbą całkowitą.

5. Załączniki

5.1. Plik z danymi

```
# PROJEKT - ZADANIE OPTIMALNEGO PLANOWANIA PRODUKCJI
# PLIK Z DANymi
# AUTOR: MATEUSZ HRYCOW 283365

### DEFINICJE ZBIOROW ###

# Wszystkie produkty
set PRODUKTY := P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 ;

# Czynności produkcyjne wykonywane przez przedsiębiorstwo
set CZYNNOSCI := szlifowanie w_pionowe w_poziome frezowanie toczenie ;

# Miesiące produkcji, przyjęto 1 - styczeń, 2 - luty, 3 - marzec
set MIESIACE := 1 2 3;

### PARAMETRY ###

# Czasy potrzebne do wykonania danych produktów [godz/szt.]

param czasy:
    P1      P2      P3      P4      P5      P6      P7 :=
szlifowanie 0.5    0.7    0      0      0.3    0.2    0.5
w_pionowe   0.1    0.2    0      0.3    0      0.6    0
w_poziome   0.2    0      0.8    0      0      0      0.6
frezowanie  0.05   0.03   0      0.07   0.1    0      0.08
toczenie    0      0      0.01   0      0.05   0      0.05
;

# Ograniczenia rynkowe na liczbę sprzedawanych produktów [szt.]
param ogr_rynkowe:
    P1      P2      P3      P4      P5      P6      P7 :=
1      500    1000    300    300    800    200    100
2      600    500    200    0      400    300    150
3      300    600    0      0      500    400    100
;

# Liczba dostępnych maszyn [szt.]
param:
    maszyny :=
szlifowanie 4
w_pionowe   2
w_poziome   3
frezowanie  1
toczenie    1
;

# marże każdego produktu [zł/szt.]
param:
    marze :=
P1      10
P2      6
P3      8
P4      4
P5      11
P6      9
P7      3
;
```

5.2. Plik z modelem dla metody ważenia ocen

```
# OPTIMALIZACJA WE WSPOMAGANIU DECYZJI
# PROJEKT - ZADANIE OPTIMALNEGO PLANOWANIA PRODUKCJI
# METODA WAZENIA OCEN
# AUTOR: MATEUSZ HRYCOW 283365
```

```
# Deklaracje zbiorów i parametrów zawartych w pliku danych
```

```
set PRODUKTY;
set CZYNNOSCI;
set MIESIACE;
```

```
### PARAMETRY ###
```

```
# Czasy potrzebne do wykonania danych produktów [godz/szt.]
param czasy {CZYNNOSCI, PRODUKTY} >= 0;
```

```
# Marże każdego produktu [zł/szt.]
param marze {PRODUKTY} >= 0;
```

```
# Ograniczenia rynkowe na liczbę sprzedawanych produktów [szt.]
```

```

param ogr_rynkowe {MIESIACE, PRODUKTY} >= 0;

# Liczba dostepnych maszyn [szt.]
param maszyny {CZYNNOSCI} >= 0;

# Maksymalny czas produkcji w jednym miesiacu 24 dni po 16 godzin [godz]
param T = 384;

# Maksymalny czas produkcji w jednym miesiacu przez urzadzenia jednego typu [godz]
param T_maszyn {c in CZYNNOSCI} = maszyny[c]*T;

# Maksymalny liczba skladowanych produktow [szt.]
param S = 100;

# Wymagany zapas na koniec marca [szt.]
param Z = 50;

# Koszt skladowania [zl/szt.]
param KS = 0.5;

# Indeks ostatniego miesiaca produkcji
param OstMiesiac = 3;

# Wagi dla metody wazenie ocen
param w1 = 1;
param w2 = 1;

### ZMIENNE ###

# Liczba wyprodukowanych produktow kazdego typu w kazdym z miesiecy [szt.]
var prod {PRODUKTY, MIESIACE} integer >= 0;

# Czas calkowite produkcji na kazdej z maszyn w kazdym z miesiecy [godz]
var czasy_calk {m in MIESIACE, c in CZYNNOSCI} = sum {p in PRODUKTY} prod[p,m]*czasy[c,p];

# Liczba sztuk produktow przechowywanych w magazynie [szt.]
var magazyn {m in MIESIACE, p in PRODUKTY} integer >= 0;

# Sumaryczny koszt przechowywania produktow w magazynie [zl]
var kosztMagazyn = sum {m in MIESIACE, p in PRODUKTY} magazyn[m,p]*KS;

# Zysk czasu otrzymany w kazdym z miesiecy [godz]
var zyskCzasu {m in MIESIACE} >= 0;

# Sumaryczny zysk czasu [godz]
var zyskCzasuSum = sum {m in MIESIACE} zyskCzasu[m];

# Sumaryczny zysk pieniedzy [zl]
var zyskPieniedzy = (sum {p in PRODUKTY, m in MIESIACE} (prod[p,m] - magazyn[m,p])*marze[p]) - kosztMagazyn;

### FUNKCJA CELU ###

# Maksymalizacja zysku pieniedzy oraz zysku czasu
maximize z: w1*(zyskPieniedzy) + w2*(zyskCzasuSum);

### OGRANICZENIA ###

# Ograniczenie czasu uzycia sprzetu do produkcji
s.t. OgrCzasUzycia {c in CZYNNOSCI, m in MIESIACE}: czasy_calk[m,c] <= T_maszyn[c];

# Ograniczenie na maksymalna liczbe produktow przechowywanych w magazynie
s.t. OgrMagazyn {m in MIESIACE, p in PRODUKTY}: magazyn[m,p] <= S;

# Ograniczenie na wymagana liczbe produktow w ostanim miesiacu
s.t. OgrOstMiesiac {p in PRODUKTY}: magazyn[OstMiesiac,p] >= 50;

```



```

# Ograniczenia związane z produkcją
s.t. MagazynMaxStyczen {p in PRODUKTY}: magazyn[1,p] >= prod[p,1] - ogr_rynkowe[1,p];
s.t. MagazynMaxMiesiace {m in 2..OstMiesiac, p in PRODUKTY}: magazyn [m,p] >= prod[p,m] - ogr_rynkowe[m,p] +
magazyn[m-1,p];

# Obliczanie zysku czasu w każdym z miesięcy
s.t. OgrZyskCzasu1 {c in CZYNNOSCI}: zyskCzasu[1] <= min((T_maszyn[c] - czasy_calk[1,c])/maszyny[c]);
s.t. OgrZyskCzasu2 {c in CZYNNOSCI}: zyskCzasu[2] <= min((T_maszyn[c] - czasy_calk[2,c])/maszyny[c]);
s.t. OgrZyskCzasu3 {c in CZYNNOSCI}: zyskCzasu[3] <= min((T_maszyn[c] - czasy_calk[3,c])/maszyny[c]);

```

5.3. Plik z modelem dla referencyjnego programowania celowego

```

# OPTIMALIZACJA WE WSPOMAGANIU DECYZJI
# PROJEKT - ZADANIE OPTIMALNEGO PLANOWANIA PRODUKCJI
# METODA REFERENCYJNEGO PROGRAMOWANIA CELOWEGO
# AUTOR: MATEUSZ HRYCIEW 283365

# Deklaracje zbiorów i parametrów zawartych w pliku danych

set PRODUKTY;
set CZYNNOSCI;
set MIESIACE;

#### PARAMETRY ####

# Czasy potrzebne do wykonania danych produktów [godz/szt.]
param czasy {CZYNNOSCI, PRODUKTY} >= 0;

# Marże każdego produktu [zł/szt.]
param marze {PRODUKTY} >= 0;

# Ograniczenia rynkowe na liczbę sprzedawanych produktów [szt.]
param ogr_rynkowe {MIESIACE, PRODUKTY} >= 0;

# Liczba dostępnych maszyn [szt.]
param maszyny {CZYNNOSCI} >= 0;

# Maksymalny czas produkcji w jednym miesiącu 24 dni po 16 godzin [godz]
param T = 384;

# Maksymalny czas produkcji w jednym miesiącu przez urządzenia jednego typu [godz]
param T_maszyn {c in CZYNNOSCI} = maszyny[c]*T;

# Maksymalna liczba składowanych produktów [szt.]
param S = 100;

# Wymagany zapas na koniec marca [szt.]
param Z = 50;

# Koszt składowania [zł/szt.]
param KS = 0.5;

# Indeks ostatniego miesiąca produkcji
param OstMiesiac = 3;

# Poziomy aspiracji dla zysku związanego z pieniędzmi oraz czasem
param aP = 59475;
param aT = 365.75;

# Wagi dla ujemnych odchylen
param wPm = 10;
param wTm = 10;

# Wagi dla dodatnich odchylen

```

```

param wPp = 1;
param wTp = 1;

### ZMIENNE ###

# Liczba wyprodukowanych produktow kazdego typu w kazdym z miesiecy [szt.]
var prod {PRODUKTY, MIESIACE} integer >= 0;

# Czas calkowite produkcji na kazdej z maszyn w kazdym z miesiecy [godz]
var czasy_calk {m in MIESIACE, c in CZYNNOSCI} = sum {p in PRODUKTY} prod[p,m]*czasy[c,p];

# Liczba sztuk produktow przechowywanych w magazynie [szt.]
var magazyn {m in MIESIACE, p in PRODUKTY} integer >= 0;

# Sumaryczny koszt przechowywania produktow w magazynie [zl]
var kosztMagazyn = sum {m in MIESIACE, p in PRODUKTY} magazyn[m,p]*KS;

# Zysk czasu otrzymany w kazdym z miesiecy [godz]
var zyskCzasu {m in MIESIACE} >= 0;

# Sumaryczny zysk czasu [godz]
var zyskCzasuSum = sum {m in MIESIACE} zyskCzasu[m];

# Sumaryczny zysk pieniedzy [zl]
var zyskPieniedzy = (sum {p in PRODUKTY, m in MIESIACE} (prod[p,m] - magazyn[m,p])*marze[p]) - kosztMagazyn;

# Sumaryczny zysk
var zysk = zyskPieniedzy + zyskCzasuSum;

# Ujemne odchylenia od poziomow aspiracji
var dPm >= 0;
var dTm >= 0;

# Dodatnie odchylenia od poziomow aspiracji
var dPp >= 0;
var dTp >= 0;

# Zmienne pomocnicze
var fcelu >= 0;
var maxOdch >= 0;

### FUNKCJA CELU ###

# Maksymalizacja zysku pieniedzy oraz zysku czasu
minimize z: fcelu;

### OGRANICZENIA ###

# Ograniczenie czasu uzycia sprzetu do produkcji
s.t. OgrCzasUzycia {c in CZYNNOSCI, m in MIESIACE}: czasy_calk[m,c] <= T_maszyn[c];

# Ograniczenie na maksymalna liczbe produktow przechowywanych w magazynie
s.t. OgrMagazyn {m in MIESIACE, p in PRODUKTY}: magazyn[m,p] <= S;

# Ograniczenie na wymagana liczbe produktow w ostanim miesiacu
s.t. OgrOstMiesiac {p in PRODUKTY}: magazyn[OstMiesiac,p] >= 50;

# Ograniczenia zwiazane z produkcja
s.t. MagazynMaxStyczen {p in PRODUKTY}: magazyn[1,p] >= prod[p,1] - ogr_rynkowe[1,p];
s.t. MagazynMaxMiesiace {m in 2..OstMiesiac, p in PRODUKTY}: magazyn [m,p] >= prod[p,m] - ogr_rynkowe[m,p] +
magazyn[m-1,p];

# Obliczanie zysku czasu w kazdym z miesiecy
s.t. OgrZyskCzasu1 {c in CZYNNOSCI}: zyskCzasu[1] <= min((T_maszyn[c] - czasy_calk[1,c])/maszyny[c]);
s.t. OgrZyskCzasu2 {c in CZYNNOSCI}: zyskCzasu[2] <= min((T_maszyn[c] - czasy_calk[2,c])/maszyny[c]);

```

```
s.t. OgrzyskCzasu3 {c in CZYNNOSCI}: zyskCzasu[3] <= min((T_maszyn[c] - czasy_calk[3,c])/maszyny[c]);
```

```
# Obliczenie odchylen od poziomow aspiracji
```

```
s.t. ZyskP: zyskPieniedzy + dPm - dPp = aP;
```

```
s.t. ZyskT: zyskCzasuSum + dTm - dTp = aT;
```

```
# Obliczanie maksymalnego odchylenia od poziomu aspiracji
```

```
s.t. OdchylenieP: wPp*dPp + wPm*dPm <= maxOdch;
```

```
s.t. OdchylenieT: wTp*dTp + wTm*dTm <= maxOdch;
```

```
# Maksymalne odchylenie od poziomu aspiracji pomnozone przez wagi
```

```
s.t. MaksymalneOdchylenie: maxOdch <= fcelu;
```

```
# Suma odchyleń ujemnych i dodatnich pomnożona przez wagi
```

```
s.t. SumaOdchylen: wPp*dPp + wPm*dPm + wTp*dTp + wTm*dTm <= fcelu;
```

5.4. Plik uruchomieniowy dla metody ważenia ocen

```
# OPTIMALIZACJA WE WSPOMAGANIU DECYZJI
```

```
# PROJEKT - ZADANIE OPTIMALNEGO PLANOWANIA PRODUKCJI
```

```
# PLIK URUCHAMIAJACY OBLICZENIA
```

```
# AUTOR: MATEUSZ HRYCOW 283365
```

```
reset;
```

```
### METODA WAZENIA OCEN
```

```
model projekt1.mod;
```

```
data projekt1.dat;
```

```
option solver cplex;
```

```
solve;
```

```
printf "-----\n";
```

```
printf "METODA WAZENIA OCEN\n";
```

```
printf "-----\n";
```

```
printf "Calkowity zysk wyniosl: %f\n", z;
```

```
printf "Zysk pieniezny wyniosl: %d\n", zyskPieniedzy;
```

```
printf "Zysk czasu wyniosl: %f\n", zyskCzasuSum;
```

```
### W celu podejrzenia wybranej wielkosci nalezy odkomentowac wybrana linijke
```

```
#display z;
```

```
#display prod;
```

```
#display ogr_rynkowe;
```

```
#display czasy_calk;
```

```
#display magazyn;
```

```
#display T_maszyn;
```

```
#display magazynPom;
```

```
#display zyskCzasu;
```

```
#display zyskCzasuSum;
```

```
#display zyskPieniedzy;
```

5.5. Plik uruchomieniowy dla RPC

```
# OPTIMALIZACJA WE WSPOMAGANIU DECYZJI
```

```
# PROJEKT - ZADANIE OPTIMALNEGO PLANOWANIA PRODUKCJI
```

```
# PLIK URUCHAMIAJACY OBLICZENIA
```

```
# AUTOR: MATEUSZ HRYCOW 283365
```

```
reset;
```

```
### METODA REFERENCYJNEGO PROGRAMOWANIA CELOWEGO
```

```
model projekt1_RPC.mod;
```

```
data projekt1.dat;
```

```
option solver cplex;
```

```
solve;
```

```
printf "-----\n";  
printf "METODA REFERENCYJNEGO PROGRAMOWANIA CELOWEGO\n";  
printf "-----\n";  
printf "Wartosc funkcji celu: %d\n", z;  
printf "Calkowity zysk wyniosl: %f\n", zysk;  
printf "Zysk pieniezny wyniosl: %d\n", zyskPieniedzy;  
printf "Zysk czasu wyniosl: %f\n", zyskCzasuSum;
```

```
### W celu podejrzenia wybranej wielkosci nalezy odkomentowac wybrana linijke
```

```
#display z;  
#display prod;  
#display ogr_rynkowe;  
#display czasy_calk;  
#display magazyn;  
#display T_maszyn;  
#display magazynPom;  
#display zyskCzasu;  
#display zyskCzasuSum;  
#display zyskPieniedzy;
```