# Robotyzacja lista 1

Filip Adamcewicz

27 października 2019

## 1 Zadanie 1 - Gniazda produkcyjne

Należy zaplanować takie wykonanie ilości wyrobów W, które zmaksymalizuje zyski, przy ograniczonym czasie pracy gniazd G.

Funkcja celu sumuje zysk z każdego wyrobu, czyli dana cena jednostkowa pomnożona przez zaplanowaną ilość do wykonania.

```
!Maks. zysku, przy wartości wyrobów: ;
max = 15*w1 + 16*w2 + 18*w3;
! Ograniczenia - czas pracy gniazd maszyn;
0.1*W1 + 0.2*W2 + 0.2*W3 <= 800;
0.3*W1 + 0.1*W2 + 0.2*W3 <= 1200;
0.2*W1 + 0.3*W2 + 0.4*W3 <= 1300;
```

Rysunek 1: Model zad. 1

### 1.1 Podpunkt a) POS

| Objective value: | | 83571.43 |
|---|---|---|
| Variable | Value | Reduced Cost |
| W1 | 3285.714 | 0.000000 |
| W2 | 2142.857 | 0.000000 |
| W3 | 0.000000 | 4.571429 |
| Row | Slack or Surplus | Dual Price |
| 1 | 83571.43 | 1.000000 |
| 2 | 42.85714 | 0.000000 |
| 3 | 0.000000 | 18.57143 |
| 4 | 0.000000 | 47.14286 |

Tabela 1: Wyniki POS

## 1.2 Podpunkt b) IPOS

Na końcu modelu, każdą zmienną "W" zadeklarowano jako integer(*@gin()*)

| Objective value: | | 83565.00 |
|---|---|---|
| Variable | Value | Reduced Cost |
| W1 | 3285.000 | -15.00000 |
| W2 | 2142.000 | -16.00000 |
| W3 | 1.000000 | -18.00000 |
| Row | Slack or Surplus | Dual Price |
| 1 | 83565.00 | 1.000000 |
| 2 | 42.90000 | 0.000000 |
| 3 | 0.1000000 | 0.000000 |
| 4 | 0.000000 | 0.000000 |

Tabela 2: Wyniki IPOS

## 1.3 Wnioski

Wyniki dla zmiennych decyzyjnych typu POS oraz IPOS są bardzo podobne. IPOS są bardziej pożądane w rzeczywistości(brak możliwości "podzielenia" wyrobu), ale POS udziela więcej informacji o możliwości optymalizacji:

- Nie opłaca się wykonywać wyrobu trzeciego W3, ponieważ każda jego jednostka powoduje straty 4.6 w funkcji celu.
- Najbardziej opłaca się ulepszyć/przedłużyć czas działania gniazda G3 - za każdą roboczogodzinę 47 zysku.

# 2 Zadanie 2 - Bele papieru

Ile razy według jakiego planu P, trzeba przeciąć bele, żeby spełnić zamówienie i zużyć minimalną ilość bel. Plany 1-12 rozpatrują rozkroje gdzie odpad $<$ 48 cm, a 13-15 realizują rozkrój na pojedyncze zamówienie(jedno 48, 90 lub 120 cm).

Funkcja celu szuka minimum sumy straty papieru. Suma liczona jest jako ilość danych planów spełniających zamówienie razy strata papieru przy każdym planie.

```
!Kryterium - Min. strat surowca, gdy dane plany P powodują odpowiednie straty;
min = 16*P1 + 40*P2 + 40*P3 + 22*P4 + 40*P5 + 28*P6 + 16*P7 +
46*P8 + 34*P9 + 4*P10 + 22*P11 + 10*P12 + 352*P13 + 310*P14 + 280*P15;
! Ograniczenia - potrzeba spełnienia zamówień;
8*P1 + 6*P4 + 5*P5 + 4*P6 + 3*P7 + 3*P8 + 2*P9 + 2*P10 + 1*P11 + 1*P13 = 989;
4*P2 + 1*P4 + 2*P6 + 1*P8 + 3*P9 + 2*P10 + 1*P11 + 3*P12 + 1*P14 = 1023;
3*P3 + 1*P5 + 2*P7 + 1*P8 + 1*P10 + 2*P11      + 1*P12 + 1*P15 = 765;
```

Rysunek 2: Model zad. 2

### 2.1 Podpunkt a) POS

| Objective value: | | 5546.889 |
|---|---|---|
| Variable | Value | Reduced Cost |
| P1 | 0.000000 | 44.44444 |
| P2 | 0.000000 | 44.44444 |
| P3 | 0.000000 | 0.000000 |
| P4 | 0.000000 | 44.44444 |
| P5 | 0.000000 | 44.44444 |
| P6 | 0.000000 | 44.44444 |
| P7 | 172.7778 | 0.000000 |
| P8 | 0.000000 | 44.44444 |
| P9 | 0.000000 | 44.44444 |
| P10 | 235.3333 | 0.000000 |
| P11 | 0.000000 | 0.000000 |
| P12 | 184.1111 | 0.000000 |
| P13 | 0.000000 | 355.5556 |
| P14 | 0.000000 | 311.1111 |
| P15 | 0.000000 | 266.6667 |

Tabela 3: Wyniki POS

### 2.2 Podpunkt b) IPOS

Na końcu modelu, każdą zmienną "W" zadeklarowano jako integer(*@gin()*)

| Objective value: | | 5858.000 |
|---|---|---|
| Variable | Value | Reduced Cost |
| P1 | 0.000000 | 16.00000 |
| P2 | 0.000000 | 40.00000 |
| P3 | 86.00000 | 40.00000 |
| P4 | 0.000000 | 22.00000 |
| P5 | 0.000000 | 40.00000 |
| P6 | 0.000000 | 28.00000 |
| P7 | 0.000000 | 16.00000 |
| P8 | 0.000000 | 46.00000 |
| P9 | 0.000000 | 34.00000 |
| P10 | 494.0000 | 4.000000 |
| P11 | 1.000000 | 22.00000 |
| P12 | 11.00000 | 10.00000 |
| P13 | 0.000000 | 352.0000 |
| P14 | 1.000000 | 310.0000 |
| P15 | 0.000000 | 280.0000 |

Tabela 4: Wyniki IPOS

### 2.3 Wnioski

Oba rodzaje zmiennych decyzyjnych wskazują, że najbardziej opłaca się korzystać z P10, który wycina po 2 kawałki 48, 90 cm oraz jeden 130, z 4 cm straty(najmniejsza ilość z wszystkich planów).

## 3 Zadanie 3 - AGV i palety

Trzeba efektywnie przewieźć wszystkie palety. Wózki powinny być jak najbardziej zapełnione, a w podpunkcie b) dodatkowo wykonać pracę jak najszybciej.

Funkcja celu minimalizuje przewóz "pustego miejsca", w postaci sumy ilości przewozów wózka według rozkładu W razy niezapełniona ładowność w tym rozkładzie.

Plany W są zadeklarowane jako zmienne IPOS.

```
! WY_X - Rozkład o numerze X ułożenia palet na wózku Y
! Kryterium opt. - min. straty miejsca przy przejeździe, współczynniki to niewykorzystane miejsce;
min = 0.5*W1_1 + 2*W1_2 + 3.5*W1_3 + 0*W1_4 + 1*W1_5 + 0.5*W1_6 + 2.5*W1_7 + 5.5*W1_8 + 5*W1_9 +
      1.5*W2_1 + 0*W2_2 + 0*W2_3 + 1*W2_4 + 4*W2_5 + 0.5*W2_6 + 2*W2_7 + 6.5*W2_8 + 1.5*W2_9 + 6*W2_10 + 4.5*W2_11;
! Ograniczenia - ilosc palet ktora trzeba przeniesc.
!125 palet po 2.5 tony;
3*W1_1+0*W1_2+0*W1_3+2*W1_4+1*W1_5+0*W1_6+1*W1_7+1*W1_8+0*W1_9+
      3*W2_1+0*W2_2+0*W2_3+2*W2_4+2*W2_5+1*W2_6+1*W2_7+1*W2_8+0*W2_9+0*W2_10+0*W2_11 = 125;
!345 po 3;
0*W1_1+2*W1_2+0*W1_3+1*W1_4+0*W1_5+1*W1_6+1*W1_7+0*W1_8+1*W1_9+
      0*W2_1+3*W2_2+0*W2_3+1*W2_4+0*W2_5+2*W2_6+0*W2_7+0*W2_8+1*W2_9+1*W2_10+0*W2_11 = 345;
!234 po 4.5;
0*W1_1+0*W1_2+1*W1_3+0*W1_4+1*W1_5+1*W1_6+0*W1_7+0*W1_8+0*W1_9+
      0*W2_1+0*W2_2+2*W2_3+0*W2_4+0*W2_5+0*W2_6+1*W2_7+0*W2_8+1*W2_9+0*W2_10+1*W2_11 = 234;

! TYLKO DO b), ZAKOMENTOWAC PRZY a): ;
! Realizacja kryterium opt. - oba wózki powinny wykonac tyle samo przejazdow(ewnetualnie =1 -> nieparzystosc);
W2_1+W2_2+W2_3+W2_4+W2_5+W2_6+W2_7+W2_8+W2_9+W2_10+W2_11 - (W1_1+W1_2+W1_3+W1_4+W1_5+W1_6+W1_7+W1_8+W1_9) = 0;
```

Rysunek 3: Model zad. 3

## 3.1 Podpunkt a) załadowanie wózków

W modelu należy zakomentować ostatnie ograniczenie - dotyczy tylko podpunktu b)

| Objective value: | | 1.500000 |
|---|---|---|
| Variable | Value | Reduced Cost |
| W1_1 | 1.000000 | 0.5000000 |
| W1_2 | 0.000000 | 2.000000 |
| W1_3 | 0.000000 | 3.500000 |
| W1_4 | 61.00000 | 0.000000 |
| W1_5 | 0.000000 | 1.000000 |
| W1_6 | 2.000000 | 0.5000000 |
| W1_7 | 0.000000 | 2.500000 |
| W1_8 | 0.000000 | 5.500000 |
| W1_9 | 0.000000 | 5.000000 |
| W2_1 | 0.000000 | 1.500000 |
| W2_2 | 94.00000 | 0.000000 |
| W2_3 | 116.0000 | 0.000000 |
| W2_4 | 0.000000 | 1.000000 |
| W2_5 | 0.000000 | 4.000000 |
| W2_6 | 0.000000 | 0.5000000 |
| W2_7 | 0.000000 | 2.000000 |
| W2_8 | 0.000000 | 6.500000 |
| W2_9 | 0.000000 | 1.500000 |
| W2_10 | 0.000000 | 6.000000 |
| W2_11 | 0.000000 | 4.500000 |

Tabela 5: Wyniki dla podpunktu a

## 3.2 Podpunkt b) czas przewozu

Funkcja celu pozostaje taka sama - wózki ciągle mają przewozić bez strat na ładowności. Optymalizacja czasu przewozu realizuje się poprzez dodatkowe ograniczenie. Wózki przewiozą palety najszybciej kiedy oba wykonają taką samą ilość przejazdów. Nie może być różnicy w ilości przejazdów wózka pierwszego od wózka drugiego(ewentualnie o jeden, uwzględniając nieparzystość).

| Objective value: | | 47.500000 |
|---|---|---|
| Variable | Value | Reduced Cost |
| W1_1 | 0.000000 | 0.5000000 |
| W1_2 | 0.000000 | 2.000000 |
| W1_3 | 0.000000 | 3.500000 |
| W1_4 | 62.00000 | 0.000000 |
| W1_5 | 0.000000 | 1.000000 |
| W1_6 | 82.00000 | 0.5000000 |
| W1_7 | 0.000000 | 2.500000 |
| W1_8 | 0.000000 | 5.500000 |
| W1_9 | 0.000000 | 5.000000 |
| W2_1 | 0.000000 | 1.500000 |
| W2_2 | 67.00000 | 0.000000 |
| W2_3 | 76.00000 | 0.000000 |
| W2_4 | 0.000000 | 1.000000 |
| W2_5 | 0.000000 | 4.000000 |
| W2_6 | 0.000000 | 0.5000000 |
| W2_7 | 0.000000 | 2.000000 |
| W2_8 | 1.000000 | 6.500000 |
| W2_9 | 0.000000 | 1.500000 |
| W2_10 | 0.000000 | 6.000000 |
| W2_11 | 0.000000 | 4.500000 |

Tabela 6: Wyniki dla podpunktu b

## 3.3 Wnioski

Minimalizacja straty ładowności(1.5 tony straty) wiąże się z trzykrotną większą ilością przejazdów wózka drugiego, o ładowności 9 ton.

Kiedy wózki wykonują taką samą ilość przejazdów, to strata wynosi 47.5 tony.

Wybór którym sposobem wykonać pracę może zależeć od tego, czy jest inne zadanie które wózek 8 ton mógłby wykonać, a także czy najszybsze skończenie jest warte 46-ciu tonom straty(46 ton względem sposobowi z min. stratami).

# 4 Zadanie 4 - Jednorzędowe rozmieszczenie maszyn

Model realizuje wzory: funkcja celu - minimalny koszt transportu pomiędzy maszynami. Liczony jako suma, wszystkich potrzebnych, kosztów transportu razy ilość przejść pomiędzy danymi maszynami, razy odległość pomiędzy danymi maszynami.

$$min\ K = \sum_{i=I} \sum_{i \neq j} c_{ij} f_{ij} |x_i - x_j|$$

Ograniczenia to różnica odległości pomiędzy środkami maszyn musi być większa lub równa niż połowy ich szerokości oraz ustalony dystans pomiędzy nimi:

$$|x_i - x_j| \geqslant \frac{1}{2}a_i + \frac{1}{2}a_j + d_{ij} \quad \forall_{i,j} \quad i \neq j$$

```
d =  0      60    60    60
    60    0    60    60
    60   60     0    60
    60   60    60     0;
c =  0    1     1     1
     1    0     1     1
     1    1     0     1
     1    1     1     0;
f =  0   40    80    20
     0    0    70    40
    20   30     0    10
    60    0    40     0;
a = 40   80    50    80;
ENDDATA
! Kryterium optymalizacji - min. koszt transportu;
min = c(1,2)*f(1,2)*@ABS(x1-x2) +c(1,3)*f(1,3)*@ABS(x1-x3) +c(1,4)*f(1,4)*@ABS(x1-x4) +
            c(2,1)*f(2,1)*@ABS(x2-x1) +c(2,3)*f(2,3)*@ABS(x2-x3) +c(2,4)*f(2,4)*@ABS(x2-x4) +
                  c(3,1)*f(3,1)*@ABS(x3-x1) +c(3,2)*f(3,2)*@ABS(x3-x2) +c(3,4)*f(3,4)*@ABS(x3-x4) +
                        c(4,1)*f(4,1)*@ABS(x4-x1) +c(4,2)*f(4,2)*@ABS(x4-x2) +c(4,3)*f(4,3)*@ABS(x4-x3)
! Ograniczenia, zachowanie odpowiedniego odstępu pomiędzy maszynami;
@ABS(x1-x2) >= 0.5*a(1) + 0.5*a(2) + d(1,2);
@ABS(x1-x3) >= 0.5*a(1) + 0.5*a(3) + d(1,3);
@ABS(x1-x4) >= 0.5*a(1) + 0.5*a(4) + d(1,4);

@ABS(x2-x1) >= 0.5*a(2) + 0.5*a(1) + d(2,1);
@ABS(x2-x3) >= 0.5*a(2) + 0.5*a(3) + d(2,3);
@ABS(x2-x4) >= 0.5*a(2) + 0.5*a(4) + d(2,4);

@ABS(x3-x1) >= 0.5*a(3) + 0.5*a(1) + d(3,1);
@ABS(x3-x2) >= 0.5*a(3) + 0.5*a(2) + d(3,2);
@ABS(x3-x4) >= 0.5*a(3) + 0.5*a(4) + d(3,4);

@ABS(x4-x1) >= 0.5*a(4) + 0.5*a(1) + d(4,1);
@ABS(x4-x2) >= 0.5*a(4) + 0.5*a(2) + d(4,2);
@ABS(x4-x3) >= 0.5*a(4) + 0.5*a(3) + d(4,3);
```

Rysunek 4: Model zad. 3

| Objective value: | 67050.00 |
|---|---|
| Variable | Value |
| X1 | 139.6780 |
| X2 | 369.6780 |
| X3 | 244.6780 |
| X4 | 19.67800 |

Tabela 7: Odległości maszyn w linii

### 4.1 Wnioski

Maszyny optymalnie jest ustawić w kolejności M4, M1, M3, M2. Wartość przy maszynie 4 odpowiada prawie połowie jej szerokości.

## 5 Zadanie 5 - Cykliczne rozmieszczenie maszyn

Kryterium optymalizacji szuka minimalnej liczby zbędnych przejść materiału pomiędzy maszynami. Przejazdy liczy się na podstawie sumy potrzebnego transportu pomiędzy danymi maszynami razy obecność połączenia pomiędzy nimi. Jeśli w macierzy incydencji połączenie istnieje, to dany iloraz się zeruje, a jeśli nie(wyrób musi przejechać dodatkowo cały cykl maszyn), to ten koszt jest doliczany.

Pierwsze ograniczenie zakłada jednostronność przejść - istnieje przejście z maszyny I do J, ale nie na odwrót. Drugie zapobiegam trójkcyklom, a trzecie deklaruje wartości macierzy incydencji jako binarne.

Na rys. 5 przedstawiono model do zadania. Program nie znalazł wykonalnego rozwiązania do niego.

```
SETS:
 M; ! Liczba maszyn;
 MACIERZE(M,M): F, X;
ENDSETS
DATA:
M = 1..4;
F =  0    21    50    60
    40     0    20    50
    25    35     0    10
    70    45    20     0;
ENDDATA

! Kryterium optymalizacji;
MIN = @SUM( MACIERZE(I,J) | I #NE# J: F(I,J)*(1-X(I,J)));

! Jednostronność przejść;
X(1,2) + X(2,1) = 1;
X(1,3) + X(3,1) = 1;
X(1,4) + X(4,1) = 1;
X(2,3) + X(3,2) = 1;
X(2,4) + X(4,2) = 1;
X(3,4) + X(4,3) = 1;

!Brak trójcykli;
@FOR( M(I):
      @FOR( M(J):
            @FOR( M(K) | I#NE#J #AND# I#NE#K #AND# J#NE#K :
                  X(I,J)+X(I,J)-X(I,K) <= 1
)));

! Wartosci macierzy incydencji jako binarne {0,1};
@FOR(M(I):
      @FOR(M(J): @BIN(X(I,J))));
```

Rysunek 5: Model zad. 5