

Dokumentacja projektu “Economic Planning”

Maciej Wrona 117641
Jakub Matłacz 117726

Opis problemu	3
Ogólny opis	3
Wymagania produkcyjne	3
Zwiększenie zdolności produkcyjnych	3
Ograniczenia	3
Cele planowania gospodarczego	4
Wyzwania	4
Model	5
Cel	5
Parametry i Dane Wejściowe	5
Zmienne Decyzyjne	6
Funkcja celu	6
Analiza wyników rozwiązania modelu	7
Podsumowanie rozwiązania	7
Jakość rozwiązania	7
Szczegółowe wyniki	7
Zdolność produkcyjna (cap)	7
Produkcja (output)	8
Wykorzystanie siły roboczej (manpower used)	8
Dodatkowa zdolność produkcyjna (addcap)	8
Zapasy (stock)	8
Interpretacja wyników	9
Zdolność produkcyjna	9
Produkcja	9
Wykorzystanie siły roboczej	9
Dodatkowa zdolność produkcyjna	9
Zapasy	10
Wnioski	10
Instrukcja	10
Github	10
CPLEX	10
Visual Studio	10

Opis problemu

Ogólny opis

Ten problem dotyczy planowania gospodarki składającej się z trzech branż: węgla, stali i transportu, na przestrzeni kolejnych pięciu lat, zgodnie z analizą przedstawioną przez H.P. Williamsa. Obecnie gospodarka dysponuje określonymi zasobami i zdolnościami produkcyjnymi w każdej z branż, które muszą być zarządzane w taki sposób, aby osiągnąć wyznaczone cele ekonomiczne.

Obecnie dostępne zasoby i zdolności produkcyjne to:

- **Węgiel:** 150 mln £ w zapasach oraz 300 mln £ zdolności produkcyjnej.
- **Stal:** 80 mln £ w zapasach oraz 350 mln £ zdolności produkcyjnej.
- **Transport:** 100 mln £ w zapasach oraz 280 mln £ zdolności produkcyjnej.

Wymagania produkcyjne

Aby wyprodukować 1 £ wartości towarów, każda z branż wymaga określonych nakładów z własnej oraz innych branż, jak również nakładów na siłę roboczą:

- **Węgiel:** 0.1 £ węgla, 0.1 £ stali, 0.2 £ transportu, 0.6 £ siły roboczej.
- **Stal:** 0.5 £ węgla, 0.1 £ stali, 0.1 £ transportu, 0.3 £ siły roboczej.
- **Transport:** 0.4 £ węgla, 0.2 £ stali, 0.2 £ transportu, 0.2 £ siły roboczej.

Zwiększenie zdolności produkcyjnych

Aby zwiększyć zdolności produkcyjne o 1 £ w każdej branży, potrzebne są określone nakłady, które wpłyną na zdolności produkcyjne w roku $t + 2$:

- **Węgiel:** 0.0 £ węgla, 0.1 £ stali, 0.2 £ transportu, 0.4 £ siły roboczej.
- **Stal:** 0.7 £ węgla, 0.1 £ stali, 0.1 £ transportu, 0.2 £ siły roboczej.
- **Transport:** 0.9 £ węgla, 0.2 £ stali, 0.2 £ transportu, 0.1 £ siły roboczej.

Ograniczenia

W gospodarce występuje ograniczenie związane z maksymalną roczną zdolnością siły roboczej wynoszącą 470 mln £.

Cele planowania gospodarczego

Planowanie gospodarcze obejmuje następujące cele na przestrzeni pięciu lat:

1. **Maksymalizacja całkowitej zdolności produkcyjnej na koniec pięciolecia**, przy jednoczesnym zaspokojeniu rocznego zapotrzebowania na konsumpcję wynoszącego 60 mln £ węgla, 60 mln £ stali i 30 mln £ transportu (z wyjątkiem roku 0).
2. **Maksymalizacja całkowitej produkcji w czwartym i piątym roku**, bez uwzględniania zewnętrznego zapotrzebowania w każdym roku.
3. **Maksymalizacja całkowitego zapotrzebowania na siłę roboczą**, ignorując ograniczenie zdolności siły roboczej, ale zaspokajając roczne zewnętrzne zapotrzebowanie określone w punkcie 1.

Wyzwania

Kluczowym wyzwaniem jest zarządzanie zasobami i zdolnościami produkcyjnymi w sposób, który pozwoli na osiągnięcie optymalnych wyników zgodnie z wyznaczonymi celami. Planowanie musi uwzględniać ograniczenia związane z siłą roboczą oraz opóźnienia czasowe w produkcji i zwiększaniu zdolności produkcyjnych, aby efektywnie zarządzać zasobami i maksymalizować korzyści ekonomiczne w określonych ramach czasowych.

Model

```
{string} INDUSTRIES = ...;

int MAX_YEARS = ...;
range Years = 1..MAX_YEARS;

float INPUT_OUTPUT[INDUSTRIES][INDUSTRIES] = ...;
float INPUT_CAPACITY[INDUSTRIES][INDUSTRIES] = ...;
float EX_DEMAND[INDUSTRIES] = ...;
float MANPOWER_OUTPUT[INDUSTRIES] = ...;
float MANPOWER_CAPACITY[INDUSTRIES] = ...;
float MANPOWER_LIMIT = ...;
float INIT_CAPACITY[INDUSTRIES] = ...;
float INIT_STOCK[INDUSTRIES] = ...;
float INPUT_STATIC[INDUSTRIES] = ...;
int OBJ1 = 1;
int OBJ2 = 1;
int OBJ3 = 1;

range R = 1..MAX_YEARS+2;
range R1= 0..MAX_YEARS;

dvar float+ output[i in INDUSTRIES][y in R];
dvar float+ stock[i in INDUSTRIES][y in R];
dvar float+ addcap[INDUSTRIES][R];
dvar float+ cap[INDUSTRIES][Years];
dvar float+ manpower_used[R1];
```

Cel

Celem tego modelu jest optymalizacja produkcji i zdolności produkcyjnych w różnych branżach na przestrzeni określonej liczby lat. Model stara się zmaksymalizować trzy wskaźniki:

1. Zdolności produkcyjne na koniec okresu.
2. Produkcję w określonych latach (4 i 5).
3. Użycie siły roboczej w całym okresie.

Parametry i Dane Wejściowe

- **INDUSTRIES**: Zbiór branż w modelu.
- **MAX_YEARS**: Maksymalna liczba lat objętych analizą.
- **Years**: Zakres lat od 1 do **MAX_YEARS**.

- **INPUT_OUTPUT[INDUSTRIES][INDUSTRIES]**: Macierz wejść i wyjść produkcji między branżami.
- **INPUT_CAPACITY[INDUSTRIES][INDUSTRIES]**: Macierz wejść zdolności produkcyjnych między branżami.
- **EX_DEMAND[INDUSTRIES]**: Zewnętrzny popyt na produkty z różnych branż.
- **MANPOWER_OUTPUT[INDUSTRIES]**: Wymagana siła robocza na jednostkę produkcji dla różnych branż.
- **MANPOWER_CAPACITY[INDUSTRIES]**: Wymagana siła robocza na jednostkę zwiększenia zdolności produkcyjnych.
- **MANPOWER_LIMIT**: Limit dostępnej siły roboczej.
- **INIT_CAPACITY[INDUSTRIES]**: Początkowa zdolność produkcyjna w różnych branżach.
- **INIT_STOCK[INDUSTRIES]**: Początkowy zapas produktów w różnych branżach.
- **INPUT_STATIC[INDUSTRIES]**: Statyczne zapotrzebowanie na produkcję w ostatnich latach.
- **OBJ1, OBJ2, OBJ3**: Współczynniki ważności dla poszczególnych celów optymalizacyjnych.

Zmienne Decyzyjne

- **output[i in INDUSTRIES][y in R]**: Produkcja w branży *i* w roku *y*.
- **stock[i in INDUSTRIES][y in R]**: Zapasy w branży *i* w roku *y*.
- **addcap[INDUSTRIES][R]**: Dodatkowa zdolność produkcyjna w branży *i* w roku *y*.
- **cap[INDUSTRIES][Years]**: Całkowita zdolność produkcyjna w branży *i* w roku *y*.
- **manpower_used[R1]**: Użyta siła robocza w roku *y*.

Funkcja celu

Model optymalizuje trzy cele jednocześnie:

1. **OBJ1**: Maksymalizacja końcowej zdolności produkcyjnej w roku maksymalnym.
2. **OBJ2**: Maksymalizacja produkcji w latach 4 i 5.
3. **OBJ3**: Maksymalizacja wykorzystania siły roboczej w całym okresie planowania.

Funkcja celu jest zapisana jako:

$$\begin{aligned} \text{maximize } & OBJ1 \times \left(\sum_{i \in INDUSTRIES} \text{cap}[i][\text{MAX_YEARS}] \right) \\ & + OBJ2 \times \left(\sum_{i \in INDUSTRIES, y \in 4..5} \text{output}[i][y] \right) \end{aligned}$$

$$+OBJ3 \times \left(\sum_{y \in \text{Years}} \text{manpower_used}[y] \right)$$

Analiza wyników rozwiązania modelu

Podsumowanie rozwiązania

Optymalna wartość funkcji celu: **9297.91893120717**

Jakość rozwiązania

- Brak nieskończoności granic.
- Brak nieskończoności kosztów redukcyjnych.
- Maksymalne resztki $(Ax - b)$: $(2.84217 \times 10^{-13})$
- Maksymalne resztki $(c - B'\pi)$: $(1.05471 \times 10^{-14})$
- Maksymalna wartość $(|x|)$: (1682.7)
- Maksymalna wartość $(|slack|)$: (1566.3)
- Maksymalna wartość $(|\pi|)$: (27.3197)
- Maksymalna wartość $(|red - cost|)$: (17.7578)
- Liczba warunkowa niezmnieszonej bazy: (7.8×10^1)

Szczegółowe wyniki

Zdolność produkcyjna (*cap*)

Przemysł	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5
Coal	300	304.57	324.02	473.92	1526.9
Steel	350	350	350	350	350

Transport	280	280	365.57	365.57	365.57
-----------	-----	-----	--------	--------	--------

Produkcja (*output*)

Przemysł	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7
Coal	287.5	304.57	324.02	473.92	1526.9	1682.7	116.4
Steel	110.88	145.69	251.88	260.8	350	105.7	105.7
Transport	152.49	280	365.57	365.57	365.57	92.3	92.3

Wykorzystanie siły roboczej (*manpower used*)

Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6
238.09	298.79	403.05	856.89	1094.2	1059.8

Dodatkowa zdolność produkcyjna (*addcap*)

Przemysł	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7
Coal	0	4.571	19.449	149.89	1053	0	0
Steel	0	0	0	0	0	0	0
Transport	0	0	85.571	0	0	0	0

Zapasy (*stock*)

Przemysł	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7
----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Coal	4.8156	0	0	0	0	0	0
Steel	9.2073	0	0	0	0	0	0
Transport	0	0	86.915	47.917	0	0	0

Interpretacja wyników

Zdolność produkcyjna

- Przemysł C wykazuje znaczny wzrost zdolności produkcyjnej, osiągając wartość 1526.9 w roku 5. Wynika to z dużych inwestycji w dodatkową zdolność produkcyjną.
- Przemysł S utrzymuje stałą zdolność produkcyjną na poziomie 350 przez wszystkie lata.
- Przemysł T zwiększa swoją zdolność produkcyjną w roku 3 do 365.57, co utrzymuje do końca okresu.

Produkcja

- Produkcja w przemyśle C znacząco wzrasta, osiągając szczyt w roku 5 z wartością 1526.9.
- Produkcja w przemyśle S wzrasta do maksymalnej zdolności produkcyjnej w roku 5, po czym pozostaje na stałym poziomie.
- Przemysł T zwiększa produkcję do 365.57 od roku 3 i utrzymuje ją do końca okresu.

Wykorzystanie siły roboczej

- Wykorzystanie siły roboczej stopniowo rośnie, osiągając maksymalną wartość 1094.2 w roku 5, po czym nieznacznie spada.

Dodatkowa zdolność produkcyjna

- Najwięcej inwestycji w dodatkową zdolność produkcyjną występuje w przemyśle C, szczególnie w roku 5 (1053 jednostki).
- Przemysł T dokonuje jednej większej inwestycji w roku 3 (85.571 jednostki).
- Przemysł S nie inwestuje w dodatkową zdolność produkcyjną.

Zapasy

- Przemysł C ma zapasy początkowe, które są zużywane w roku 1.
- Przemysł S również posiada zapasy początkowe zużywane w roku 1.
- Przemysł T przechowuje zapasy w roku 3 i częściowo zużywa je w roku 4.

Wnioski

Model dynamiczny Leontiefa pozwala na optymalne zarządzanie zasobami i produkcją w różnych przemysłach, przy jednoczesnym uwzględnieniu ograniczeń związanych z siłą roboczą i zapasami. Wyniki pokazują, że inwestycje w dodatkową zdolność produkcyjną są kluczowe dla zwiększenia produkcji i osiągnięcia wysokiej wartości funkcji celu. Przemysł C jest liderem pod względem wzrostu zdolności produkcyjnej i produkcji, co jest efektem dużych inwestycji. Przemysł S utrzymuje stałą produkcję bez inwestycji, a przemysł T zwiększa swoją zdolność produkcyjną na początku okresu i utrzymuje ją do końca.

Instrukcja

Github

Klonujemy repozytorium z Github. Kod znajduje się pod linkiem:

https://github.com/mcqq1/economy_planning_buisness_model

CPLEX

Kod do CPLEX znajduje się w folderze data. Mamy tam pliki data.dat oraz model.mod. Są to kolejno: plik z danymi i plik z modelem. Z tymi właśnie plikami tworzymy projekt w CPLEX 22.1.1

Visual Studio

Kod napisany w C++ znajduje się w pliku main.cpp.

Do jego odpalenia potrzebujemy Visual Studio 2022 oraz zainstalowanego CPLEX

(importujemy z niego kod solvera do visuala).

1. Przejdź do "Projekt" > "Projekt właściwości"

"Właściwości konfiguracji" > "C/C++" > "Ogólne"

Zmień wartość "Dodatkowe katalogi zawartości" na:

```
$(CPLX_STUDIO_DIR2211)\opl\include;%(AdditionalIncludeDirectories)
```

2. Przejdź do "Preprocesor"

Zmień wartość "Definicje preprocesora" na:

```
WIN64;NDEBUG;_CONSOLE;ILCUSEMT;_CRT_SECURE_NO_DEPRECATED;%(PreprocessorDefinitions)
```

3. Przejdź do "Konsolidator" > "Ogólne"

Zmień wartość "Dodatkowe katalogi bibliotek" na:

```
$(CPLX_STUDIO_DIR2211)\opl\lib\x64_windows_msvc14\stat_mda;%(AdditionalLibraryDirectories)
```

4. Przejdź do "Dane wejściowe"

Zmień wartość "Dodatkowe zależności" na:

```
opl.lib;iljs.lib;concert.lib;cplex2211.lib;ilocplex.lib;cp.lib;odbc32.lib;odbc32.lib;wssock32.lib;%(AdditionalDependencies)
```

5. Teraz wreszcie możemy odpalić plik cpp. Kompilujemy go, odpalamy i odczytujemy wynik w konsoli.