

Wydział Zarządzania AGH

Katedra Informatyki Stosowanej



Klasyczne metody i narzędzia wspomagania decyzji

Systemy wspomaganie decyzji

OM – wprowadzenie

- ❑ Zarządzanie operacyjne (operations management, OM) jest funkcją biznesową odpowiedzialną za zarządzanie procesem tworzenia towarów i usług. Obejmuje ona na planowanie, organizowanie, koordynowanie i kontrolowanie wszystkich zasobów potrzebnych do produkcji dóbr i usług firmy. OM obejmuje zarządzanie personelem, urządzeniami, technologią, informacjami i wszelkimi innymi środkami potrzebnymi do produkcji towarów i usług. Zarządzanie operacyjne jest podstawową funkcją każdej firmy.
- ❑ Zarządzanie operacyjne koncentruje się na przekształcaniu materiałów i robocizny w towary i usługi tak skutecznie, jak to możliwe, w celu tworzenia i dostarczania wartości dla klientów.

OM – wprowadzenie

- ❑ Zarządzanie operacyjne jest podstawą do projektowania i wdrażania produktów, procesów, usług i łańcuchów dostaw.



OM – wprowadzenie

Czynności OM w firmie to między innymi:

- ❑ Prognozowanie popytu
- ❑ Planowanie produkcji
- ❑ Harmonogramowanie
- ❑ Zarządzanie zapasami
- ❑ Zapewnienie i kontrola jakości
- ❑ Motywowanie pracowników
- ❑ Decydowanie o lokalizacji zakładów



Operations Management Topics



Kluczowe pytania:

- ❑ Jakie: zasoby/ilości mamy
- ❑ Kiedy: potrzebne/planowane/zamówione
- ❑ Dlaczego: praca ma być wykonana
- ❑ Gdzie: praca ma być wykonana
- ❑ Kto: pracę wykona
- ❑ Ile: ma być wyprodukowane

OM – podejmowanie decyzji

Podejmowanie decyzji w obszarze zarządzania operacyjnego jest wspierane przez wiele metod i narzędzi:

- Modelowanie matematyczne
- Techniki heurystyczne
- Drzewa decyzyjne
- Symulacja
- Teoria kolejek
- Modele zapasów
- Narzędzia statystyczne
- Narzędzia ekonometryczne
- Analiza sieciowa
- Inteligencja obliczeniowa

OM – podejmowanie decyzji

Badania operacyjne (Management Science - MS, Operations Research - OR):

- ❑ to podejście do podejmowania decyzji oparte na metodach naukowych.
- ❑ zakłada intensywne użycie analizy ilościowej.

Cztery etapy analizy ilościowej:

1. Opracowanie modelu.
2. Przygotowanie danych.
3. Rozwiązanie modelu.
4. Raportowanie wyników.

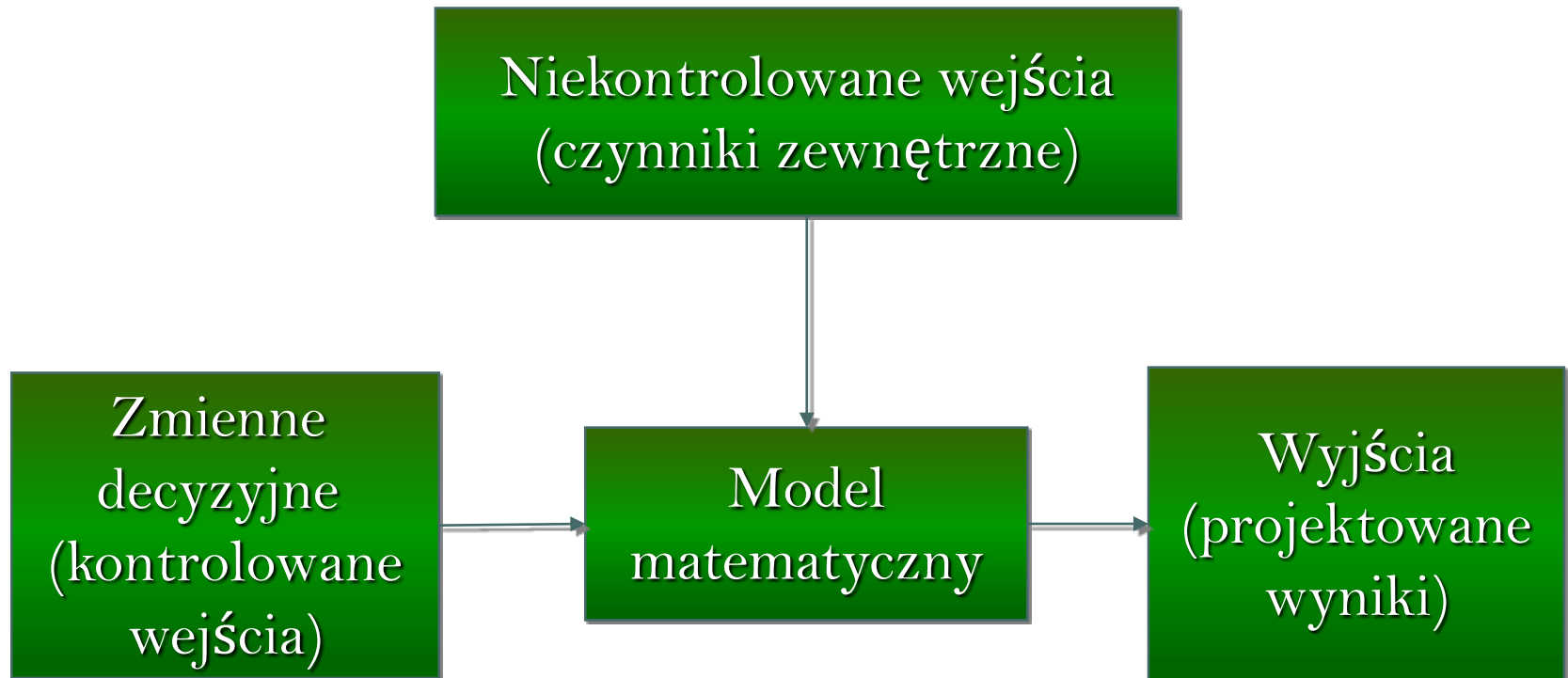
OM – podejmowanie decyzji

- ❑ Model jest abstrakcją rzeczywistych obiektów i sytuacji. Stanowi uproszczoną, i często wyidealizowaną, reprezentację rzeczywistości.
- ❑ Trzy formy modeli:
 1. Modele w skali - repliki fizyczne (skalarne reprezentacje) rzeczywistych obiektów (samolot w tunelu aerodynamicznym).
 2. Modele analogowe - fizyczne w formie, ale fizycznie nie przypominają modelowanego obiektu.
 3. Modele matematyczne - stanowią reprezentację problemu poprzez układ równań matematycznych i relacji logicznych, opartych na podstawowych założeniach, oszacowaniach i analizie statystycznej.
- ❑ Eksperymentowanie na modelach (w porównaniu z rzeczywistymi obiektami) jest:
 - mniej czasochłonne,
 - tańsze,
 - mniej ryzykowne.

OM – modele matematyczne

- ❑ Większość modeli numerycznych zawiera **dane wejściowe**, **zmiennie decyzyjne** i **dane wyjściowe**.
Dane wejściowe wprowadzają do modelu wartości stałe lub zmiennie niekontrolowane; **zmiennie decyzyjne** to zmiennie kontrolowane przez decydenta.
Dane wyjściowe są określone przez dane wejściowe i decyzyjne, i służą do wyboru pewnej kombinacji wartości zmiennych decyzyjnych, najlepszych z punktu widzenia rozwiązania problemu.
- ❑ Często szukamy maksimum/minimum tzw. **funkcji celu** przy spełnieniu podanych ograniczeń.
- ❑ Wartości zmiennych decyzyjnych, dla których otrzymujemy najlepszą wartość funkcji celu to **rozwiązanie optymalne** rozważanego modelu.

OM – modele matematyczne



OM – opracowanie modelu

Problem produkt mix

- ❑ Zawory Works Ltd. (ZWL) wytwarza dwa rodzaje zaworów; zdolności produkcyjne wynoszą b kg (ze względu na ograniczenia obróbki). Potrzeba a_1 kg materiału na wytworzenie jednostki produktu 1 i a_2 kg - produktu 2.
- ❑ Niech x_1 i x_2 oznaczają odpowiednio ilość wytwarzanego produktu 1 i produktu 2. Oznaczmy przez p_1 i p_2 zysk jednostkowy dla produktu 1 i 2.
- ❑ Prognoza sprzedaży wskazuje, że można sprzedać m_1 sztuk produktu 1 i m_2 sztuk produktu 2.

OM – opracowanie modelu

Problem produkt mix – model matematyczny

Całkowity zysk miesięczny =

$$\begin{aligned} & (\text{zysk jednostkowy dla produktu 1}) * (\text{wielkość produkcji produktu 1}) \\ & + (\text{zysk jednostkowy dla produktu 2}) * (\text{wielkość produkcji produktu 2}) \\ & = p_1x_1 + p_2x_2 \end{aligned}$$

Chcemy maksymalizować zysk miesięczny firmy (funkcja celu):

$$p_1x_1 + p_2x_2 \rightarrow \text{Max}$$

Ilość materiału potrzebna na miesięczną produkcję =

$$\begin{aligned} & (\text{jednostkowe zużycie na produkt 1}) * (\text{wielkość produkcji produktu 1}) \\ & + (\text{jednostkowe zużycie na produkt 2}) * (\text{wielkość produkcji produktu 2}) \\ & = a_1x_1 + a_2x_2 \end{aligned}$$

Ilość ta nie może być większa niż zdolności produkcyjne b :

$$a_1x_1 + a_2x_2 \leq b$$

OM – opracowanie modelu

Problem produkt mix – model programowania liniowego

- ❑ Miesięczna wielkość produkcji produktu 1 i 2 nie może być ujemna:
 $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$
i nie może przekraczać zapotrzebowania: $x_1 \leq m_1, x_2 \leq m_2$
- ❑ Formalny zapis modelu:

Funkcja celu

$$\begin{array}{ll} \text{Max} & p_1x_1 + p_2x_2 \\ \text{przy:} & a_1x_1 + a_2x_2 \leq b \\ & x_1 \geq 0 \\ & x_1 \leq m_1 \\ & x_2 \geq 0 \\ & x_2 \leq m_2 \end{array}$$

Ograniczenia

OM – opracowanie modelu

Problem produkt mix – model programowania liniowego

Pytania:

- ❑ Jakie są zmienne niekontrolowane?
- ❑ Jakie mamy tu zmienne decyzyjne ? Funkcja celu?
Ograniczenia?
- ❑ Model jest deterministyczny czy stochastyczny?
- ❑ Czy to dobry (użyteczny) model (odzwierciedlający rzeczywiste problemy)?
- ❑ Jak możemy go rozszerzyć (urealnić)?

OM – przygotowanie danych

- ❑ Przygotowanie danych nie jest trywialnym etapem, ze względu na czas potrzebny i możliwość błędów podczas zbierania danych.
- ❑ Model ze 100 zmiennymi decyzyjnymi i ograniczeniami może wymagać tysięcy danych.
- ❑ Często zdarza się, że wykorzystywana jest duża baza danych, więc może być potrzebna pomoc ze strony specjalistów IT.

OM – rozwiązanie modelu

- ❑ Analityk próbuje zidentyfikować zbiór wartości zmiennych decyzyjnych, który zapewnia najlepsze (optymalne) rozwiązanie modelu.
- ❑ Jeśli rozwiązanie nie spełnia wszystkich ograniczeń modelu, jest odrzucane jako **niedopuszczalne**.
- ❑ Jeśli rozwiązanie spełnia wszystkie ograniczenia modelu, jest **dopuszczalne** stając się kandydatem do rozwiązania optymalnego.
- ❑ Opracowano wiele różnych procedur dla rozwiązywania określonych modeli matematycznych. Większość praktycznych zastosowań wymaga użycia komputerów z dedykowanymi lub ogólnymi pakietami oprogramowania.

OM – testowanie i walidacja modelu

- ❑ Dokładność modelu może być oceniona dopiero wtedy, gdy wygenerowano rozwiązania.
- ❑ Małe problemy testowe o znanych lub przynajmniej oczekiwanych rozwiązaniach są stosowane do badania i walidacji modelu.
- ❑ Jeśli model generuje oczekiwane rozwiązania, można użyć modelu do rozwiązania pełnoskalowego problemu.
- ❑ Jeśli zidentyfikowano nieścisłości lub błędne działanie modelu, konieczna jest jego poprawa:
 - zebranie większej liczby danych,
 - modyfikacja modelu.
- ❑ Pamiętaj o GIGO.

OM – końcowe etapy

Raportowanie

- ❑ Raport menedżerski oparty jest na wynikach modelu; powinien być zrozumiały dla decydenta.
- ❑ Raport zawiera:
 - rekomendowane decyzje,
 - inne istotne informacje o wynikach (na przykład, jak wrażliwe jest rozwiązanie modelu na założenia i wykorzystywane dane).

Wdrożenie modelu

- ❑ Udane wdrożenie modelu jest krytycznie ważne.
- ❑ Monitorowanie jak sprawuje się model.
- ❑ Być może konieczne będzie dostrojenie modelu lub jego rozszerzenie.

OM – przykładowe wdrożenia

Libbey-Owens-Ford (LOF)

- LOF jest wielkim koncernem produkującym szkło okienne, zatrudniającym 9000 pracowników. Na początku lat 90. LOP zbudował i wdrożył wielki model LP produkcji i dystrybucji szkła.
- Model programowania liniowego FLAGPOL (FLAt Glass Products Optimization Model) służy do rocznego planowania produkcji ponad 200 wyrobów w 4 zakładach i ich dystrybucji do 40 odbiorców hurtowych. Prace trwały 2 lata i przyniosły roczne oszczędności ponad 2 mln USD.

OM – przykładowe wdrożenia

Timken Steel

- ❑ System planowania produkcji opracowany przez amerykańską firmę **i2 Technologies** o nazwie **RYTHM** dostarcza inteligentne rozwiązania dla planowania i harmonogramowania w przedsiębiorstwach. Integrują się one z systemami typu **ERP** i z transakcyjnymi systemami baz danych.
- ❑ W **Timken Steel**, produkującej pręty ze stali stopowej i rury bez szwu, realizowanych jest równocześnie od 8 do 15 tys. zamówień. Dzięki zastosowaniu systemu cykl produkcyjny w Timken został skrócony o 30 – 40%, zapasy zostały zredukowane o 25% i znacznie poprawiono terminowość realizacji zamówień. Ponieważ wyroby przepływają szybciej przez wydziały/oddziały, Timken zredukował wydatki operacyjne.

Decyzje lokalizacyjne

- ❑ Decyzje lokalizacyjne nie są ograniczone do jednej decyzji strategicznej dotyczącej budowy nowego obiektu produkcyjnego lub usługowego; większość organizacji stoi przed wyzwaniem zwiększenia zdolności poprzez dobór nowych lokalizacji lub rozbudowy istniejących.
- ❑ Decyzje lokalizacyjne:
 - Wybierz kryteria
 - Zidentyfikuj ważne czynniki
 - Opracuj alternatywne lokalizacje
 - Oceń alternatywy
 - Dokonaj wyboru

Decyzje lokalizacyjne

Kryteria decyzyjne:

- ❑ Bliskość klientów
- ❑ Klimat dla biznesu
- ❑ Koszty (nakłady) całkowite
- ❑ Infrastruktura
- ❑ Jakość siły roboczej
- ❑ Dostawcy
- ❑ Strefy wolnego handlu
- ❑ Ryzyko polityczne
- ❑ Bariery prawne
- ❑ Porozumienia handlowe
- ❑ Regulacje ochrony środowiska
- ❑ Zaufanie społeczne

Decyzje lokalizacyjne – metoda punktowa

Dwóm potencjalnym lokalizacjom (A i B) zakładu przypisano następujące punkty z przyjętych zakresów (im więcej punktów, tym lepiej).

Główne czynniki lokalizacyjne	Zakres	A	B
Dostępność i niezawodność zasilania	0 do 200	120	150
Klimat zatrudnienia	0 do 100	55	65
Polityka podatkowa i prawna	0 do 20	15	5
Warunki życia	0 do 50	40	15
Transport	0 do 50	35	50
Zaopatrzenie w surowce	0 do 100	40	50
Dostawcy	0 do 70	15	50
Bliskość klientów	0 do 40	40	10
	Razem	360	395

Logistyka i zarządzanie produkcją

- ❑ Ogólnym celem logistyki i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie jest dostarczanie klientom produktów o wartości wyższej niż koszty ich wytworzenia. Procesy logistyczne i zarządzania produkcją są ze sobą ściśle powiązane, przy czym logistyka dotyczy przepływu surowców, materiałów, wyrobów gotowych oraz odpowiedniej informacji, a zarządzanie produkcją – planowania, organizowania i kontrolowania zasobów fizycznych, ludzkich i finansowych w procesie wytwarzania produktów.
- ❑ Funkcja planowania polega na planowaniu produkcji w przedsiębiorstwie, zanim rozpoczną się procesy wytwórcze. Funkcja sterowania zapewnia, że produkcja realizowana jest zgodnie z planowaną ilością, jakością, harmonogramem dostaw i kosztami produkcji.

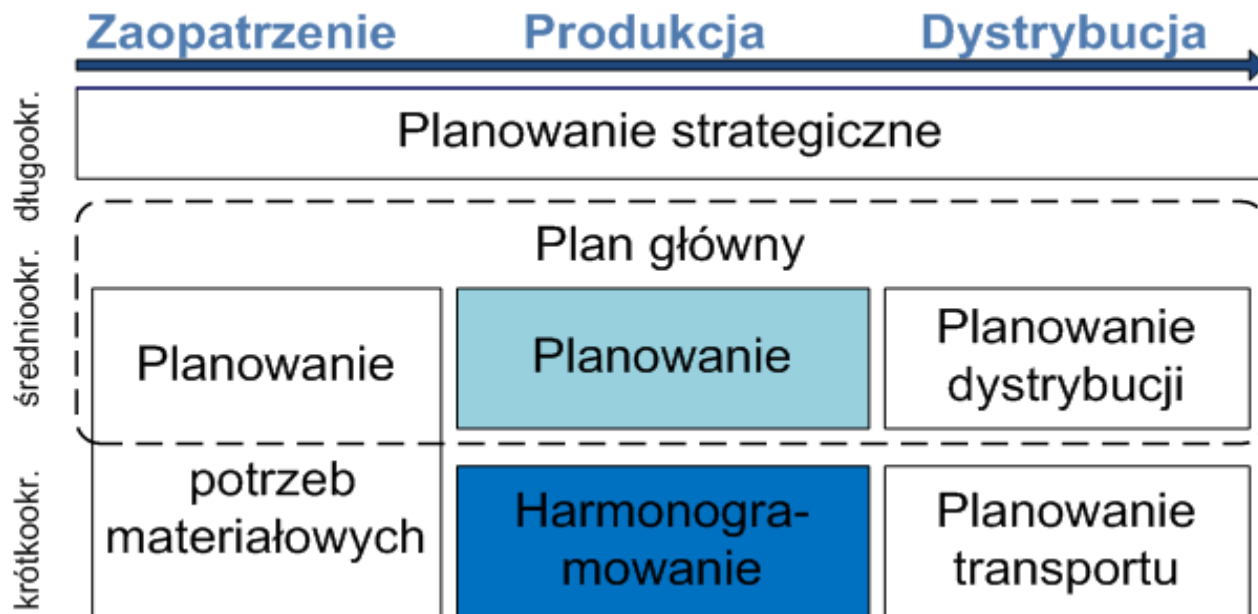
Planowanie i sterowanie produkcją

- Cele planowania i sterowania produkcją:
 - Maksymalne zadowolenie klientów przy odpowiednio niskich kosztach.
 - Maksymalne wykorzystanie wszystkich zasobów.
 - Produkcja wysokiej jakości wyrobów.
 - Minimalizacja cyklu produkcyjnego.
 - Utrzymanie optymalnego poziomu zapasów.
 - Zachowanie elastyczności operacji produkcyjnych.
 - Koordynacja pracy wydziałów podstawowych i pomocniczych.
 - Dotrzymanie umówionych terminów dostaw.
 - Tworzenie wartości dodanej w działalności przedsiębiorstwa.

Planowanie i harmonogramowanie produkcji

Production Planning and Scheduling - PPS

Planowanie – określenie co, ile i kiedy przedsiębiorstwo zamierza wyprodukować w ciągu 3-6 miesięcy, by pokryć zamówienia klientów, ponosząc przy tym minimalne koszty



Harmonogramowanie – określenie co, ile, jak, gdzie i kiedy przedsiębiorstwo zamierza wyprodukować w ciągu dnia-tygodnia

Planowanie i harmonogramowanie produkcji

- Wiele problemów:
 - Planowanie wielookresowe - Multiperiod production planning.
 - Wytwórz lub kup - Make-or-Buy.
 - Ustalanie partii produkcyjnych - Lot-sizing and scheduling.
 - Harmonogramowanie zatrudnienia - Workforce scheduling.
- Wiele modeli i metod:
 - Badania operacyjne - Operations Research (OR).
 - Inteligencja obliczeniowa - Computational Intelligence (CI).

PPS – planowanie wielookresowe

Zaprawy Works Ltd. jest małym wytwórcą zapraw budowlanych. Zdolności produkcyjne (w tonach) w kolejnych miesiącach są następujące:

M-c	Regularna produkcja	W nadgodzinach
Styczeń	300	50
Luty	250	40
Marzec	300	60
Kwiecień	320	70
Maj	350	60
Czerwiec	330	40

Koszt regularnej produkcji wynosi 3 zł za kg, a dodatkowy koszt w nadgodzinach – 1,2 zł za kg. Firma może korzystać z zapasów w celu zmniejszenia wahań produkcji; magazynowanie 1 kg wyrobu kosztuje firmę 0,03 zł miesięcznie. Pojemność magazynu wynosi 100 ton, obecnie znajduje się w nim 20 ton wyrobów. Firma chce utrzymać od marca do maja minimalny zapas bezpieczny w ilości 30 ton. Szacowane zapotrzebowanie na najbliższe sześć miesięcy jest następujące:

M-c	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Maj	Czerwiec
Popyt	280	300	350	300	380	390

PPS – planowanie wielookresowe

Jaki jest plan produkcji na najbliższe miesiące minimalizujący koszty (produkcji i zapasów)?

Zdefiniujmy zmienne decyzyjne:

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ (1 – styczeń, 2 – luty, ..., 6 – czerwiec)

x_i – ilość wyprodukowana w miesiącu i w regularnym czasie

y_i – ilość wyprodukowana w miesiącu i w nadgodzinach

z_i – ilość wyrobów w magazynie na koniec miesiąca i

Funkcja celu:

$$\text{Min } TC = 3000(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6) + 4200(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6) + 30(z_1 + z_2 + z_3 + z_4 + z_5 + z_6)$$

dla

$x_1 \leq 300$ nie można przekroczyć zdolności produkcyjnych

$x_2 \leq 250$

$x_3 \leq 300$

$x_4 \leq 320$

$x_5 \leq 350$

$x_6 \leq 330$

PPS – planowanie wielookresowe

$$\begin{array}{ll} y_1 \leq & 50 \\ y_2 \leq & 40 \\ y_3 \leq & 60 \\ y_4 \leq & 70 \\ y_5 \leq & 60 \\ y_6 \leq & 40 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{nie można przekroczyć zdolności produkcyjnych w} \\ \text{nadgodzinach} \end{array}$$

Całkowita produkcja minus magazyn powinna być równa zapotrzebowaniu w poszczególnych miesiącach:

$$\begin{array}{rcl} 20 + x_1 + y_1 - z_1 & = & 280 \text{ lub } z_1 = 20 + x_1 + y_1 - 280 \\ x_2 + y_2 - z_2 & = & 300 \\ x_3 + y_3 - z_3 & = & 350 \\ x_4 + y_4 - z_4 & = & 300 \\ x_5 + y_5 - z_5 & = & 380 \\ x_6 + y_6 - z_6 & = & 390 \end{array}$$

PPS – planowanie wielookresowe

Ograniczenia magazynowe formułujemy następująco:

$$\begin{aligned}z_1 &\leq 100 \\z_2 &\leq 100 \\z_3 &\leq 100 \\z_4 &\leq 100 \\z_5 &\leq 100 \\z_6 &\leq 100 \\z_1 &\geq 0 \\z_2 &\geq 0 \\z_3 &\geq 30 \\z_4 &\geq 30 \\z_5 &\geq 30 \\z_6 &\geq 0\end{aligned}$$

Pozostałe ograniczenia:

$$x_i, y_i, z_i \geq 0; i=1, \dots, 6$$

Mamy tu model programowania liniowego (Linear Programming, LP), który rozwiązujemy znanymi metodami.

PPS - Lot-sizing and scheduling

- Rozważmy problem planowania produkcji w odlewni średniej wielkości, która dostarcza odlewy z wielu gatunków żeliwa, w małych/średnich partiach, na zamówienie dużej liczby klientów. W takim problemie planowania produkcji konieczne jest określenie wielkości partii produkcyjnych i gatunków żeliwa wytwarzanych w każdym okresie skończonego horyzontu planowania, który jest podzielony na mniejsze okresy pracy (np. zmiany).
- Problem obejmuje dwie decyzje dla każdego okresu:
 - (1) jaki metal powinien być przygotowywany w piecu(ach) w kolejnych okresach oraz
 - (2) jakie wyroby i ile ma być wytwarzanych na każdej formierce (ew. linii), przy kryterium minimalizacji kosztów magazynowania, produkcji w toku lub zbilansowaniu obciążenia maszyn.

PPS - Lot-sizing and scheduling

Zminimalizować

$$\sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T (h_{it}^- I_{it}^- + h_{it}^+ I_{it}^+) + \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N (s_k z_n^k) \quad (1)$$

przy:

$$I_{i,t-1}^+ - I_{i,t-1}^- + \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K x_{in}^k a_i^k - I_{it}^+ + I_{it}^- \geq d_{it}, \quad i=1, \dots, I, t=1, \dots, T \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I w_i x_{in}^k + s t_k z_n^k \leq C y_n^k, \quad k=1, \dots, K, n=1, \dots, N \quad (3)$$

$$z_n^k \geq y_n^k - y_{n-1}^k, \quad k=1, \dots, K, n=1, \dots, N \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^K y_n^k = 1, \quad n=1, \dots, N \quad (5)$$

$$I_{it}^-, I_{it}^+, x_{in} \geq 0, \quad I_{it}^-, I_{it}^+, x_{in} \in \mathfrak{Z}, \quad I_{i0}^-, I_{i0}^+ = 0, \quad i=1, \dots, I \quad (6)$$

Celem (1) jest znalezienie planu, który minimalizuje sumę kosztów produkcji opóźnionej, kosztów magazynowania wyrobów gotowych i kosztów przygotowawczych (jeśli gatunek żeliwa jest zmieniany podczas kolejnego załadunku pieca).

Równanie (2) to bilans zapasów i produkcji każdego odlewu w kolejnych okresach.

Ograniczenie (3) gwarantuje, że pojemność pieca nie jest przekroczona w pojedynczym załadunku. Ograniczenie (4) ustawia zmienną z^k na 1, gdy zachodzi zmiana gatunku w kolejnych okresach, a ograniczenie (5) zapewnia, że tylko jeden gatunek żeliwa jest wytwarzany w każdym z podokresów.