

WSYZ - PROJEKT

SPRAWOZDANIE

AUTORZY: Bartosz Han 318658, Mykhailo Marfenko 323558, Igor Matynia 318693

W ramach tego projektu należało stworzyć model optymalizacyjny i jego implementację w języku AMPL, który to miał za zadanie minimalizować koszty transportów warzyw – od producentów do sieci magazynów, jak i z magazynów do warzywniaków. Mając podane położenia magazynów i producentów, możliwości produkcyjne producentów oraz pojemności magazynów stworzyliśmy model, który ukazuje, ile, skąd i dokąd należy dostarczać warzywa, aby optymalizować łączne koszty dostaw. Dodatkowo, w ramach tego zadania, należało dobrać niektóre parametry modelu samodzielnie. Skrócony opis, zawierający m.in. wybrane przez nas położenia sklepów i pojemności magazynów przysklepowych, a także dane o odległościach między różnymi obiektami naszego modelu, są opisane niżej w tym sprawozdaniu.

1. Opis parametrów, zmiennych decyzyjnych, ograniczeń modelu i innych założeń

Model składa się z zestawu kilkunastu parametrów, zmiennych decyzyjnych i zasad, dzięki którym możemy zamodelować plany dostaw. Poniżej znajdują się szczegółowe opisy tych elementów. Jest to także szczegółowy opis danych zawartych w pliku.

PRODUCENCI – miejsca, gdzie znajdują się producenci. Jest 6 lokacji z producentami – Blonie, Ksiazenice, GoraKalwaria, Otwock, Wolomin i Legionowo.

MAGAZYNY – miejsca, gdzie znajdują się magazyny sieci magazynów. Tutaj trafiają warzywa z producentów i to stąd warzywa są dalej dostarczane do sklepów. Są trzy magazyny: Pruszkow, Zielonka i Piaseczno.

SKLEPY – jest to lista sklepów, do których docelowo mają trafić warzywa i to stąd klienci detaliczni będą kupować dla siebie warzywa. Jest 10 sklepów: UKermita, UAktora, UKarolci, Krzesak, Stoisko, VegitoWarzywa, UCHLOPAKOW, UPanaWojtka, DobryWarzywniak i ArabicGroceryShop. Każdy ze sklepów odpowiada prawdziwemu sklepowi znajdującego się w Warszawie.

WARZYWA – jest to zestaw warzyw, które są produkowane, magazynowane i sprzedawane. Warzywami tymi są: Ziemniaki, Kapusta, Buraki i Marchew.

TYGODNIE – jest to zbiór tygodni, reprezentowanych jako liczby od 1 do 52.

W ramach tego zadania założyliśmy, iż plan dostaw warzyw jest od razu tworzony dla całego roku. Tak, jak było to opisane w modelu BPMN, dostawa od producentów do magazynów sieci magazynów odbywa się tylko raz na rok, natomiast dostawa od magazynów do sklepów odbywa się co jeden tydzień. Dodatkowo przyjęliśmy założenie, iż sklep zna swoją prognozę sprzedaży dla każdego tygodnia roku i prognoza ta jest uwzględniana przy planowaniu dostaw.

maks_produkcja - parametr, który oznacza, ile maksymalnie każdy producent może wytworzyć poszczególnych warzyw.

pojemnosc_mag_centrala – parametr, który oznacza, jakie są pojemności poszczególnych magazynów wchodzących w skład sieci magazynów.

dystans_sklep_magazyn – oznacza, jakie są dystanse w kilometrach każdego ze sklepów detalicznych do każdego z magazynów wchodzących w skład sieci magazynów.

dystans_magazyn_producent – oznacza, jakie są dystanse w kilometrach każdego z magazynów do producentów.

sklep_progniza_tyg – oznacza, jakie się prognozy sprzedaży poszczególnych warzyw, dla każdego poszczególnego sklepu i dla każdego poszczególnego tygodnia.

pojemnosc_mag_sklepu – oznacza, jakie są pojemności przysklepowych magazynów, w których sklepy mogą przechowywać nowo dostarczone warzywa, lub warzywa, które w danym tygodniu się nie sprzedały.

koszt_transportu – oznacza koszt transportu warzyw na odległość jednego kilometra.

min_zapasy_sklep – oznacza, jaki minimalny procent zapasów sklepu musi być zawsze przechowywana w sklepie. Procent ten jest wyznaczany przy nakładaniu ograniczenia `mag_sklep_limit_min` i może odnosić się do procentu jakiegokolwiek wartości; my w naszym modelu przyjmujemy że w sklepie musi być w każdym tygodniu co najmniej `<min_zapasy_sklep>` procent prognozowanej na ten tydzień sprzedaży tego warzywa.

W ramach tego modelu będziemy sterować następującymi zmiennymi decyzyjnymi:

transport_do_sklepow_tyg – oznacza, ile w danym tygodniu dany sklep musi dostać od danego magazynu danego warzywa (wyrażone w tonach).

transport_do_magazynow_rok – oznacza, w jakiej ilości dane warzywo musi być dostarczone z danego producenta do danego producenta, na początku roku (wyrażone w tonach).

Dodatkowo, w naszym modelu mamy zmienną pomocniczą **var stan_mag_sklep_tyg**, który oznacza, jaki jest stan magazynu przysklepowego za zakończenie danego tygodnia (tj. po otrzymaniu dostawy warzyw i po sprzedaży ich w danym tygodniu, zgodnie z zakładaną prognozą). Zmienna ta będzie obliczana na podstawie innych zmiennych i stałych wartości.

Naszą funkcją celu, którą chcemy minimalizować, jest **calk_koszt_transportu**, która jest sumą kosztów transportu warzyw z producentów do magazynów i z magazynów do sklepów spożywczych.

Aby stworzyć poprawnie zamodelować nasz problem optymalizacyjny, stworzyliśmy następujące ograniczenia:

aktualny_stan_mag_sklep – ograniczenie te służy do tego, aby móc obliczyć stan magazynu przysklepowego na zakończenie tygodnia. Oblicza się tą wartość następująco: suma wszystkich dotychczasowych dostaw (czyli jeśli mamy tydzień t to liczymy dostawy od tygodnia 1 do tygodnia t) od wszystkich producentów do tego sklepu minus suma dotychczasowej (czyli do tego tygodnia włącznie) sprzedaży warzyw, obliczonej na podstawie prognoz sprzedaży dla tego sklepu i dla danego produktu.

subject to transport_do_sklepów_tyg_min i **subject to transport_do_magazynów_rok_min** – służą do zapewnienia, aby wszelkie ilości dostaw warzyw były wartościami nieujemnymi.

mag_centrala_limit_max – służy do zapewnienia tego, aby ilość warzyw w magazynach sieci nigdy nie przekroczyła maksymalnej pojemności tego magazynu.

transport_warzyw_z_magazynów_do_sklepów – służy do tego, aby wszystkie warzywa, które są magazynowane w sieci magazynów były później sprzedawane detalicznie w warzywniakach. Jest to jednocześnie nasze założenie, żeby w sieci magazynów magazynować wyłącznie taką ilość warzyw, jaka jest później stosowana (założenie o posiadaniu jakichś zapasów na wypadek błędów prognoz przyjęliśmy tylko dla magazynów przysklepowych).

subject to mag_sklep_limit_max i **subject to mag_sklep_limit_min** służy do zapewnienia tego, że ilość warzyw w magazynach nie będzie przekraczała pojemności magazynów, ale też zapewnia, aby zawsze była jakaś ilość warzyw w magazynie przysklepowym. W naszym przypadku, chcemy, aby na koniec tygodnia został pewna ilość warzyw, w naszym przypadku, ta ilość będzie równa paru procentom ilości prognozowanych na dany tydzień ilości sprzedanych warzyw.

subject to produkcja_warzyw_max – ograniczenie służące do tego, aby ilość wyprodukowanych warzyw przez producentów nie przekroczyła maksymalnej możliwości produkcyjnej tych producentów.

2. Model matematyczny

W ramach problemu optymalizacyjnego stworzyliśmy model matematyczny opisujący problem optymalizacyjny, który dostał podany w zadaniu:

I) Parametry:

- $D_{p,m}$ - dystans pomiędzy producentem 'p' i magazynem 'm' w centrali
- $d_{s,m}$ - dystans pomiędzy sklepem 's' i magazynem 'm'
- C_m - maksymalna pojemność magazynu 'm' centrali
- c_s - maksymalna pojemność magazynu przysklepowego sklepu 's'
- k - koszt transportu 1 tony warzyw na kilometr
- m - minimalny zapas w sklepie na koniec tygodnia
- $p_{t,w,s}$ - prognoza konsumpcji warzywa 'w' w sklepie 's' w tygodniu 't'
- $r_{p,w}$ - maksymalna produkcja warzywa 'w' w producencie 'p'

II) Zmienne decyzyjne:

- $S_{s,m,w,t}$ - ilość warzywa 'w' dostarczana do sklepu 's' z magazynu 'm' w tygodniu 't'
- $M_{m,p,w}$ - ilość warzywa 'w' dostarczana do magazynu 'm' z producenta 'p' w roku
- $I_{s,t,w}$ - ilość warzywa 'w' która zostaje na koniec tygodnia 't' w sklepie 's'

III) Funkcja celu:

$$\begin{aligned} \min K = & \sum_{s=1}^{n_{\text{sklepy}}} \sum_{m=1}^{n_{\text{magazyny}}} \sum_{w=1}^{n_{\text{warzywa}}} \sum_{t=1}^{n_{\text{tygodnie}}} (S_{s,m,w,t} \cdot d_{s,m} \cdot k) \\ & + \sum_{m=1}^{n_{\text{magazyny}}} \sum_{w=1}^{n_{\text{warzywa}}} \sum_{p=1}^{n_{\text{producenci}}} (M_{m,p,w} \cdot D_{p,m} \cdot k) \end{aligned}$$

IV) Ograniczenia:

aktualny_stan_mag_sklep:

$$\forall_{s \in \langle 1; n_{\text{sklepy}} \rangle, w \in \langle 1; n_{\text{warzywa}} \rangle, t \in \langle 1; n_{\text{tygodnie}} \rangle} (I_{s,t,w} = \sum_{i=1}^t \left(\sum_{m=1}^{n_{\text{magazyny}}} (S_{s,m,w,i}) - p_{i,w,s} \right))$$

transport_do_sklepow_tyg_min:

$$\forall_{s \in \langle 1; n_{\text{sklepy}} \rangle, m \in \langle 1; n_{\text{magazyny}} \rangle, w \in \langle 1; n_{\text{warzywa}} \rangle, t \in \langle 1; n_{\text{tygodnie}} \rangle} (S_{s,m,w,t} \geq 0)$$

transport_do_magazynow_rok_min:

$$\forall_{m \in \langle 1; n_{\text{magazyny}} \rangle, w \in \langle 1; n_{\text{warzywa}} \rangle, p \in \langle 1; n_{\text{producenci}} \rangle} (M_{m,p,w} \geq 0)$$

mag_centrala_limit_max:

$$\forall_{m \in \langle 1; n_{\text{magazyny}} \rangle} \left(\sum_{w=0}^{n_{\text{warzywa}}} \sum_{p=0}^{n_{\text{producenci}}} M_{m,p,w} \leq c_m \right)$$

transport_warzyw_z_magazynow_do_sklepow:

$$\forall_{m \in \langle 1; n_{\text{magazyny}} \rangle, w \in \langle 1; n_{\text{warzywa}} \rangle} \left(\sum_{s=0}^{n_{\text{sklepy}}} \sum_{t=0}^{n_{\text{tygodni}}} S_{s,m,w,t} = \sum_{p=0}^{n_{\text{producenci}}} M_{m,p,w} \right)$$

mag_sklep_limit_max:

$$\forall_{s \in \langle 1; n_{\text{sklepy}} \rangle, t \in \langle 1; n_{\text{tygodnie}} \rangle} \left(\sum_{w=0}^{n_{\text{warzywa}}} (I_{s,t,w} + p_{t,w,s}) \leq c_s \right)$$

mag_sklep_limit_min:





$$\forall_{s \in \langle 1; n_{\text{sklepy}} \rangle, t \in \langle 1; n_{\text{tygodni}} \rangle, w \in \langle 1; n_{\text{warzywa}} \rangle} (I_{s,t,w} \geq m \cdot p_{t,w,s})$$







produkcja_warzyw_max:

$$\forall_{p \in \langle 1; n_{\text{producenci}} \rangle, w \in \langle 1; n_{\text{warzywa}} \rangle} \left(\sum_{m=0}^{n_{\text{magazyny}}} M_{m,p,w} \leq r_{p,w} \right)$$

3. Szczegółowe opisy stworzonych przez nas parametrów

I) Położenia wybranych przez nas sklepów:

<p>UKermita</p> 	<p>UAktora</p> 
<p>UKarolci</p> 	<p>Krzesak</p> 

<div>Stoisko</div> 	<div>VegitoWarzywa</div> 
<div>UCHŁOPAKOW</div> 	<div>UPanaWojtka</div> 
<div>DobryWarzywniak</div> 	<div>ArabicGroceryShop</div> 

II) Odległości sklepów od magazynów w kilometrach

	Pruszkow	Zielonka	Piaseczno
UKermita	22.5	19.1	13
UAktora	18.4	22	19
UKarolci	19.8	18.4	19.4
Krzesak	18.5	22.3	18.1
Stoisko	20.8	20.3	20.7
VegitoWarzywa	20.5	16.5	20.1
UCHLOPAKOW	16.2	23.2	19.1
UPanaWojtki	20.1	20.4	19.8
DobryWarzywniak	18.7	20.5	13.7
ArabicGroceryShop	18	19.6	17.7

III) Odległości producentów od magazynów w kilometrach

	Pruszkow	Zielonka	Piaseczno
Blonie	16.8	56.5	40.3
Ksiazenice	29.4	55.8	39.5
GoraKalwaria	42.3	46.7	19.6
Otwock	38.6	26.8	29.1
Wolomin	42.8	7.2	37.7
Legionowo	42.5	24.6	56.1

IV) Pojemności magazynów przysklepowych w tonach

UKermita	5.2
UAktora	7.5
UKarolci	14
Krzesak	15
Stoisko	7
VegitoWarzywa	10
UCHLOPAKOW	9
UPanaWojtki	8
DobryWarzywniak	7
ArabicGroceryShop	8.2

V) Prognozy sprzedaży warzyw

Dla każdego sklepu wyliczyliśmy jego prognozę sprzedaży każdego dostępnego warzywa dla każdego tygodnia. Prognozy dla każdego tygodnia są inne – nie tylko wartości te różnią się w niewielki sposób względem dwóch kolejnych tygodni, ale też zapotrzebowanie na dane warzywa może się zmieniać na przestrzeni roku – w różnych sezonach zapotrzebowanie na warzywa mogą wzrastać, albo się zmniejszać. Prognozy sprzedaży, jak i inne parametry modelu znajdują się w pliku generated_data.dat.

4. Wyniki i podsumowanie modelu optymalizacyjnego

W ramach rozwiązania problemu optymalizacyjnego przygotowaliśmy model matematyczny opisujący problem dostaw warzyw od producentów warzyw do sieci magazynów i od magazynów do warzywniaków. W celu rozwiązania problemu optymalizacyjnego użyliśmy języka AMPL i ze solvera HiGHS. W ramach każdego zestawu danych udało nam się stworzyć plan dostaw z producentów do magazynów i z magazynów do producentów – w tym drugim przypadku, mamy rozpisane, jakie i skąd należy dostarczać warzywa do danych sklepów.

Oto wyniki rozwiązywania modelu optymalizacyjnego za pomocą pierwszego zestawu danych:

Łączna suma kosztów związanych z dostawą (funkcja celu): **401203.808 PLN**.

Dostawy z poszczególnych producentów do poszczególnych magazynów w tonach:

	Pruszkow	Zielonka	Piaseczno
Blonie	490	0	0
Ksiazenice	24.481	0	0
GoraKalwaria	0	0	510
Otwock	0	37.275	123.654
Wolomin	0	770	0
Legionowo	0	392.725	0
SUMA	514,481	1200	633,564

Dostawy z poszczególnych magazynów do poszczególnych sklepów w tonach:

	Pruszkow	Zielonka	Piaseczno	SUMA
UKermita	0	0	137.741	137.741
UAktora	10.087	173.197	0	183.284
UKarolci	354.286	0	0	354.286
Krzesak	0	27.187	273.206	300.393
Stoisko	206.387	0	0	206.387
VegitoWarzywa	269.819	0	0	269.819
UCHLOPAKOW	0	218.055	0	218.055
UPanaWojtki	233.853	8.842	0.031	242.726
DobryWarzywniak	0	0	192.677	192.677
ArabicGroceryShop	125.569	87.200	29.998	242.767

Wyniki modelu optymalizacyjnego dla tych danych, jak i pozostałych zostały dołączone do tego sprawozdania w oddzielnych plikach.

Szczegółowe wyniki dla tych tego wariantu danych znajdują się w folderze **data1**.

5. Wyniki modelu optymalizacyjnego dla innych wariantów danych

W ramach modelu optymalizacyjnego stworzyliśmy parę dodatkowych zestawów danych początkowych, aby zasymulować działanie łańcucha dostaw w różnych przypadkach i okolicznościach. Poniżej znajdują się wyniki dla dodatkowych zestawów danych. Szczegóły opisujące zawartości tych plików znajdują się w README dołączonym do tych plików.

I) Wariant z większym zapotrzebowaniem sklepów na warzywa niż w pierwotnie

Łączna suma kosztów związanych z dostawą (funkcja celu): **434978.89 PLN**.

Dostawy z poszczególnych producentów do poszczególnych magazynów w tonach:

	Pruszkow	Zielonka	Piaseczno
Blonie	490	0	0
Ksiazenice	57.802	0	0
GoraKalwaria	0	0	510
Otwork	0	4.639	240
Wolomin	0	770	0
Legionowo	0	425.361	0
SUMA	547.8	1200	750

Dostawy z poszczególnych magazynów do poszczególnych sklepów w tonach:

	Pruszkow	Zielonka	Piaseczno	SUMA
UKermita	0	0	149.592	149.592
UAktora	160.215	0	0	160.215
UKarolci	0	376.245	0	376.245
Krzesak	12.827	0	330.241	343.068
Stoisko	0	224.093	0	224.093
VegitoWarzywa	0	281.401	0	281.401
UCHLOPAKOW	242.828	0	0	242.828
UPanaWojtki	44.872	174.181	12.681	231.734
DobryWarzywniak	0	0	214.72	214.72
ArabicGroceryShop	87.06	144.08	42.767	273.907

Szczegółowe wyniki dla tych tego wariantu danych znajdują się w folderze **data6**.

II) Wariant z mniejszym zapotrzebowaniem sklepów na warzywa niż w pierwotnie

Łączna suma kosztów związanych z dostawą (funkcja celu) **302801.16 PLN**.

Dostawy z poszczególnych producentów do poszczególnych magazynów w tonach:

	Pruszkow	Zielonka	Piaseczno
--	----------	----------	-----------

Blonie	468.96	0	0
Ksiazenice	0	0	0
GoraKalwaria	0	0	453.658
Otwock	0	0	0
Wolomin	0	770	0
Legionowo	0	190.033	0
SUMA	468.96	960.033	453.658

Dostawy z poszczególnych magazynów do poszczególnych sklepów w tonach:

	Pruszkow	Zielonka	Piaseczno	SUMA
UKermita	0	18.65	93.977	112,627
UAktora	121.766	23.872	0	145,638
UKarolci	0	320.022	0	320,022
Krzesak	74.46	10.053	173.444	257,957
Stoisko	2.203	175.837	0	178,04
VegitoWarzywa	0	215.667	0	215,667
UCHLOPAKOW	159.66	0	0	159,66
UPanaWojtki	44.618	126.167	21.007	191,792
DobryWarzywniak	0	0	133.305	133,305
ArabicGroceryShop	66.253	69.765	31.925	167,943

Szczegółowe wyniki dla tych tego wariantu danych znajdują się w folderze **data7**.

Dodatkowo stworzyliśmy cztery dodatkowe zestawy danych, które są podobne do danych pierwotnych. Szczegółowe wyniki dla tych wariantów danych znajdują się w folderach **data2**, **data3**, **data4**, **data5**.

6. Pliki z rozwiązaniami

W ramach wyniku modelu optymalizacyjnego stworzyliśmy dodatkowo pliki ze szczegółowo rozpisanymi rozwiązaniami. W pliku z danymi umieściliśmy 7 folderów, po jednym dla każdego z zestawu danych początkowych.

7. Podsumowanie

W ramach tego projektu stworzyliśmy modele działania dla przedsiębiorstw zajmujących się magazynowaniem i sprzedażą warzyw. Stworzyliśmy dwa modele: biznesowy i optymalizacyjny. Za pomocą modelu biznesowego stworzyliśmy plan działania przedsiębiorstw, który ma za zadanie wspierać je we właściwym planowaniu działań i zarządzaniu swoimi zasobami, a także ma wspierać we właściwej interakcji między poszczególnymi przedsiębiorstwami. Natomiast za pomocą modelu optymalizacyjnego

stworzyliśmy szczegółowy opis dostaw i magazynowania zasobami w taki sposób, aby minimalizować koszty związane z działaniem przedsiębiorstw. Modele te mają za zadanie na celu wspomaganie tychże przedsiębiorstw we właściwym swoim planowaniu, działaniu i dalszym rozwijaniu się.