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 decyzyjny 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 uwzględniania przy planowaniu dostaw.

**maks\_produkcja** - parametr, któryoznacza, 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 ze magazynów do producentów.

**sklep\_prognoza\_tyg –** oznacza, jakie się prognozy sprzedaży poszczególnych warzy, 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 jakiejkolwiek 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 produenca 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\_sklepow\_tyg\_min** i **subject to transport\_do\_magazynow\_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\_magaznow\_do\_sklepow –** 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 jakiś zapasów na wypadek błędów prognoz przyjęliśmy tylko dla magazynów przysklepowych).

**subject to mag\_sklep\_limit\_max** i **subject to mag\_sklep\_limit\_min** służydo 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:

1. **Parametry:**

- dystans pomiędzy producentem ‘p’ i magazynem ‘m’ w centrali

- dystans pomiędzy sklepem 's' i magazynem 'm'

- maksymalna pojemność magazynu ‘m’ centrali

- maksymalna pojemność magazynu przysklepowego sklepu ‘s’

- koszt transportu 1 tony warzyw na kilometr

- minimalny zapas w sklepie na koniec tygodnia

- prognoza konsumpcji warzywa ‘w’ w sklepie ‘s’ w tygodniu ‘t’

- maksymalna produkcja warzywa ‘w’ w producencie ‘p’

1. **Zmienne decyzyjne:**

- ilość warzywa ‘w’ dostarczana do sklepu ‘s’ z magazynu ‘m’ w tygodniu ‘t’

- ilość warzywa ‘w’ dostarczana do magazynu ‘m’ z producenta ‘p’ w roku

- ilość warzywa ‘w’ która zostaje na koniec tygodnia ‘t’ w sklepie ‘s’

1. **Funkcja celu:**
2. **Ograniczenia:**

*aktualny\_stan\_mag\_sklep:*

*transport\_do\_sklepow\_tyg\_min:*

*transport\_do\_magazynow\_rok\_min:*

*mag\_centrala\_limit\_max:*

*transport\_warzyw\_z\_magaznow\_do\_sklepow:*

*mag\_sklep\_limit\_max:*

*mag\_sklep\_limit\_min:*

*produkcja\_warzyw\_max:*

***3. Szczegółowe opisy stworzonych przez nas parametrów***

**I) Położenia wybranych przez nas sklepów:**

|  |  |
| --- | --- |
| UKermita | UAktora |
|  |  |
| UKarolci | Krzesak |
|  |  |
|  |  |
| Stoisko | VegitoWarzywa |
|  |  |
| UCHLOPAKOW | UPanaWojtka |
|  |  |
| DobryWarzywniak | ArabicGroceryShop |
|  |  |

**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 |
| UPanaWojtka | 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 |

1. **Pojemności magazynów przysklepowych w tonach**

|  |  |
| --- | --- |
| UKermita | 5.2 |
| UAktora | 7.5 |
| UKarolci | 14 |
| Krzesak | 15 |
| Stoisko | 7 |
| VegitoWarzywa | 10 |
| UCHLOPAKOW | 9 |
| UPanaWojtka | 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** |
| UPanaWojtka | 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.

1. **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 |
| Otwock | 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 |
| UPanaWojtka | 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** |
| UPanaWojtka | 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.