|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Przedmiot:**  Systemy Wspomagania Decyzji | **Projekt końcowy** | **Wydział:**  WEAIiIB  **Semestr:** 5  **Grupa dziekańska:** 2 |
| **Imię i nazwisko:**   * Jan Gallina * Konrad Flis * Mateusz Gołąbek * Maria Jagintowicz | Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie | **Data wykonania ćwiczenia:**  04.01.2024  **Data sprawozdania:**  10.01.2024 |

# Spis Treści

1. Cel projektu
2. Problem i zbiór danych
3. Wygląd i opis działania GUI
4. Pseudokod algorytmów
5. Struktura i kod programu
6. Uzyskane wyniki
7. Wnioski i dyskusja wyników

# Cel projektu

Celem projektu było wybranie własnego problemu decyzyjnego oraz zbudowanie aplikacji, której użytkownik może ustawić konkretne parametry, takie jak wybór metody, kryteriów oraz metryk w celu porównania danych za pomocą algorytmów poznanych na laboratoriach. W tym celu stworzyliśmy program w języku Python, w którym zaimplementowaliśmy metody wspomagania decyzji Topsis, SP-CS oraz RSM, dodatkowo tworzą interfejs graficzny użytkownika.

# Problem i zbiór danych

Jako problem w naszym projekcie wybraliśmy porównywanie ofert wynajmu mieszkań w różnych dzielnicach Warszawy, na podstawie ogłoszeń znalezionych na portalach internetowych. Dla każdej oferty wybraliśmy kryteria, które potencjalny wynajmujący mógł uznać za ważne. W naszym programie użyliśmy następujących kryteriów:

* Gęstość zaludnienia – gęstość zaludnienia dzielnicy, w której znajduję się mieszkanie
* Dostępność transportu publicznego – ocena gęstości połączeń i częstotliwości odjazdów oraz dostępność metra (w skali od 0 do 10, gdzie 10 to najlepsza komunikacja miejska)
* Bliskość natury – ocena odległości od najbliższego parku, lasu czy terenu zieleni (w skali od 0 do 10)
* Odległość od centrum – w skali od 0 do 10 (gdzie 0 to Śródmieście)
* Cena za metr kwadratowy – koszt wynajmu w przeliczeniu na metr kwadratowy
* Metraż – wielkość mieszkania
* Opłaty za media – dodatkowa wysokość opłaty za prąd, gaz, internet itd.
* Liczba pokoi

Z uwagi na charakter niektórych kryteriów, część z nich jest minimalizowana. Jest to istotne z uwagi na działanie algorytmów, co prezentuje dodatkowa kolumna bazy z informacją, które kryterium jest maksymalizowane. Są to:

* Dostępność transportu publicznego
* Bliskość natury
* Metraż
* Liczba pokoi

Pozostałe kryteria są minimalizowane. Nasza baza danych zawiera łącznie 26 ofert. Z każdej dzielnicy Warszawy w bazie znajduje się przynajmniej jedna oferta.

Obraz zawierający tekst, numer, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - baza danych do problemu

Dodatkową kolumną są domyślne wagi konkretnych kryteriów wykorzystywane w metodzie Topsis. W aplikacji użytkownik ma również możliwość zadania własnych wag. Ostatnie dwie kolumny dotyczą wartości dla kryteriów (tj. wagi oraz flaga maksymalizacji).

1. Wygląd i opis działania GUI

Nasz projekt został zaimplementowany w Pythonie, z wykorzystaniem biblioteki PyQt6, która służy do zbudowania aplikacji i interfejsu użytkownika, na podstawie napisanego kodu. Główne okno programu zawiera najważniejsze funkcjonalności, które w miarę działania programu rozszerzają się (np. wybór wag w kryteriach oraz tworzenie wykresu).

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, numer, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - główne okno programu po uruchomieniu aplikacji

Użytkownik, chcąc rozpocząć tworzenie rankingu, musi wybrać plik, na podstawie którego tworzone będą porównania. Aplikacja obsługuje pliki Excela z rozszerzeniem .xlsx i w odpowiednim formacie kolumn – pierwsza z nich to numer porządkowy, kolejna – nazwa, a w po serii kryteriów mogą znaleźć się dodatkowo wagi i flagi minimalizacji/maksymalizacji. Po wybraniu pliku odblokują się kolejne możliwości.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, numer

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - główne okno po załadowaniu danych

Program odpowiednio rozpoznał występowaniu ośmiu kryteriów, z których pierwsze dwa są domyślnie wybrane. Z tego miejsca użytkownik może wybrać interesujące go kryteria oraz metodę, według której tworzony będzie ranking.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, linia, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - wybór metody

Dodatkowo użytkownik może wybrać jedną z pięciu zaimplementowanych metryk do obliczania odległości alternatyw od odpowiednich punktów, zgodnie z działaniem algorytmu.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - wybór metryki

Każda z metryk charakteryzuje się nieco odmiennymi charakterystykami, z czego metryka wybrana domyślnie to klasyczna odległość dwóch punktów na płaszczyźnie kartezjańskiej.

Po wskazaniu wybranej metody, kryteriów oraz metryki, program jest gotowy do obliczenia wyników. Pokazują się one po naciśnięciu przycisku „Wylicz ranking”. Wyniki ukazują się w liście w kolejności zgodnej z obliczonym współczynnikiem scoringowym.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - przykładowe wyniki obliczone przez program

Kolejną funkcjonalnością jest możliwość tworzenia wykresów. Wykresy mogą powstawać tylko dla dwóch wybranych kryteriów, więc jeśli w pierwszym etapie ranking został utworzony dla więcej niż dwóch kryteriów, pojawi się dodatkowe okno z zapytaniem, dla których stworzyć wykres.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - wybór kryteriów do tworzenia wykresu

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, linia

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - przykładowy wykres dla metody RSM

Na wykresie, oprócz alternatyw, zaznaczone są specjalne punkty w zależności od metody. Te punkty są umieszczone na dole legendy, a na wykresie zaznaczone są kwadratami.

1. Pseudokody algorytmów

Poniżej zamieściliśmy schematy wszystkich trzech zrealizowanych algorytmów.

**Algorytm Topsis:**

1. Zaimportuj dane: mieszkania i ich własności, wektor wag i klasy ograniczeń
2. Znormalizuj macierz
3. Usuń alternatywy niemieszczące się w klasach odniesienia
   1. Dla każdej alternatywy sprawdź, czy jakakolwiek jej cecha nie mieści się w klasach odniesienia
   2. Jeśli tak – usuń alternatywę. Jeśli nie – dodaj ją do klasy
4. Wyznacz punkty idealny i antyidealny
5. Wyznacz odległości punktów od punktów idealnego i antyidealnego
6. Utwórz ranking na podstawie scoringów
7. Wyświetl wyniki

**Algorytm SPCS**

1. Inicjalizacja danych: mieszkania i ich własności
2. Usuń punkty zdominowane
3. Utwórz po 3 punkty status quo i aspiracji:
   1. Znajdź wartości najlepsze w zbiorze i dodaj je do zbioru punktów aspiracji
   2. Zaburz punkty aspiracji poprzez losową zmianę wartości
   3. Znajdź wartości średnią, medianę i losową wokół średniej, a następnie dodaj je do punktów status quo
4. Wyznacz losowe 3 odcinki między punktami status quo i aspiracji
5. Wyznacz odległości między punktami niezdominowanymi a odcinkami w wybranej metryce
6. Uwzględnij rzutowanie na odcinek i dodaj do odległości wynik rzutowania, tworząc scoring

6.1 Znormalizuj scoring

1. Utwórz rankingi na podstawie scoringu
2. Wyświetl wyniki

**Algorytm RSM**

1. Inicjalizacja danych: mieszkania i ich własności
2. Usuń punkty zdominowane
3. Utwórz punkty status quo, aspiracji oraz antyidealny
4. Zbadaj odległości między punktami niezdominowanymi a granicami optymalności i punktami idealnymi
5. Dokonaj normalizacji
6. Utwórz ranking na podstawie odległości
7. Wyświetl wyniki
8. Struktura i kod programu

Nasz kod podzielony został na 4 pliki. Pierwsze trzy, są to pliki odpowiadające każdej z metod. W środku opisane są funkcje obliczające rankingi scoringowe odpowiednio dla każdej metody. Każda z nich posiada również, fragment odpowiadający za wybór odpowiedniej metryki wskazanej przez użytkownika w trakcie działania aplikacji.

## Metoda Topsis

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, wyświetlacz

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - kod metody Topsis

Metoda Topsis polega na znormalizowaniu macierzy decyzyjnej oraz wyznaczeniu punktu idealnego oraz punktu antyidealnego z wartości dostępnych ze wszystkich kryteriów. Następnie według wybranej metryki oblicza się odległość każdej z alternatyw od wyznaczonych punktów. Na tej podstawie wyznacza się ranking scoringowy.

## Metoda SP-CS

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający zrzut ekranu, tekst, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - kod metody SP-CS

Metoda SP-CS jest zaimplementowana dla dwóch kryteriów. Na podstawie macierzy decyzyjnej oblicza się punkty stałe konieczne do obliczenia rankingu. Wyznaczane są trzy zestawy punktów wyznaczających odcinek. Punkty aspiracji z niewielkim zakłóceniem oraz trzy punkty status quo, punkt średni, punkt mediany oraz punkt losowy. Na ich podstawie oblicza się odległość alternatyw od wyznaczanych przez te punkty odcinków zgodnie z wybraną metryką. Następnie, po wyznaczeniu rzutu punktu na odcinek, oblicza się, w którym miejscu tego odcinka umieszczony jest rzut. Z tych par wyników wyznacza się średnią odległość oraz średnią pozycję rzutu, co pozwala na obliczenie współczynnika scoringowego.

## Metoda RSM

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, wyświetlacz

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - kod metody RSM

Metoda RSM również rozpoczyna działanie od obliczenia punktów stałych tj. punktu aspiracji, punktu antyidealnego, punktu granicznego, punktów status quo. Punkty status quo obliczane są jako punkty średniej i mediany. Następnie ze zbioru alternatyw wybiera się alternatywy niezdominowane, dla których kontynuuje się działania algorytmu. Współczynnik rankingowy obliczony jest jako różnica odległości od punktu aspiracji i minimum z odległości od punktów status quo. Odległość jest obliczana według odpowiedniej metryki.

## Plik main.py

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, wyświetlacz

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, oprogramowanie, Oprogramowanie multimedialne

Opis wygenerowany automatycznieObraz zawierający tekst, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - kod pliku main.py

Plik main łaczy ze sobą wszystkie 3 metody. Odpowiada też za stworzenie interfejsu użytkownika i budowę całej aplikacji.

# Uzyskane wyniki

Ilość możliwych do wybrania metod, kryteriów oraz metryk sprawia, że nie jest możliwe porównanie wszystkich kombinacji, dlatego poniżej zaprezentujemy kilka porównań dla zaimplementowanych metod.

## Wpływ wag na metodę Topsis

Porównanie zmiany wag na wyniki otrzymane metodą Topsis. Test przeprowadzono na wybranych wszystkich kryteriach.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, numer, Czcionka

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - wybrane wagi oraz uzyskane wyniki

W tej iteracji wagi wybrano w miarę równe i uniwersalne.

Obraz zawierający tekst, zrzut ekranu, numer

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - wybrane wagi oraz uzyskane wyniki

Wagi wybrano z perspektywy studenta, któremu zależy na niskiej cenie, lokalizacji i transporcie.

### Wnioski:

W tym porównaniu widać znaczący wpływ wyboru wag na wyniki. Zwycięzca z pierwszej iteracji jest jednym z ostatnich pozycji w drugiej iteracji. W obydwóch rankingach na wysokiej pozycji utrzymuj się Praga-Północ, która pozostała na stabilnej pozycji. Z uwagi na ilość danych odczytywanie z wykresu byłoby mocno utrudnione.

## Wpływ wybranej metryki na metodę SP-CS

Przetestowano jak zmiana wybranej metryki wpływa na wyniki na podstawie algorytmu SP-CS. W tym teście wybrano losowe kryteria (Cena za metr kwadratowy, opłata za media)

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu, typografia

Opis wygenerowany automatycznie Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu, typografia

Opis wygenerowany automatycznie Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu, typografia

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - Wyniki uzyskane algorytmem SP-CS, dla metryki a) domyślnej, b)Bary-Curtis c)Canberra

### Wnioski:

Dla metryki domyślnej a metryki Barya-Curtisa wyniki są niemal identyczne. Konkretne alternatywy różnią się maksymalnie kilka pozycji między sobą. Metryka Canberra daje bardziej odmienne wyniki, ale ogólny trend jest zachowany. Wybrana metryka ma wpływ na wyniki, choć ogólny trend jest zachowany, wyniki różnią się kolejnością pozycji.

## Wpływ wybranych kryteriów na metodę RSM.

Dla metody RSM przetestowano wpływ wybranych kryteriów na uzyskane wyniki. W dwóch iteracjach wybrano po cztery losowe kryteria.



Zrzut ekranu - wybrane kryteria w pierwszej iteracji



Zrzut ekranu - wybrane kryteria w drugiej iteracji

Obraz zawierający tekst, Czcionka, zrzut ekranu, menu

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu uzyskane wyniki w pierwszej i drugiej iteracji

### Wnioski:

Wpływ wybranych kryteriów jest bardzo duży. Otrzymane wyniki są zupełnie inne. Niektóre alternatywy są bardzo wysoko według różnych kryteriów, co sprawia, że gdy to kryterium jest wybrane ich współczynnik jest bardzo wysoki w porównaniu z innymi alternatywami. Gdy sprzyjające w ten sposób kryteria zostaną ominięte, najwyższe wyniki mogą okazać się jednymi z najgorszych w innym zestawieniu.

## Schemat porównań

Kolejno porównywać będziemy identyczne ustawienia dla różnych metod, aby zaobserwować różnice w wynikach. Z uwagi na metodę SP-CS wybrane będą 2 kryteria (ta metoda działa tylko dla dwóch kryteriów), a wagi w metodzie Topsis dobrane na podobnym poziomie z małymi odchyleniami

## Porównanie 1

Parametry porównania:

* Kryteria: Dostępność transportu, Opłaty za media
* Wagi metody Topsis: 0.5, 0.5
* Metryka: Domyślna

Obraz zawierający tekst, menu, Czcionka, dokument

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - Wyniki uzyskane dla metryki domyślnej, algorytmami a) Topsis b) RSM c) SP-CS

### Wnioski:

Pomimo ustawienia równych wag dla obydwu kryteriów wyniki otrzymane metodą Topsis różnią się od wyników z pozostałych metod. Algorytm SP-CS i RSM dały niemal takie same wyniki. Ponownie jedyne różnice to zamienione pozycje obok siebie, różnice nie przewyższają kilku pozycji.

## Porównanie 2

Parametry porównania:

* Kryteria: Bliskość natury, Metraż
* Wagi metody Topsis: 0.3, 0.7
* Metryka: Chebyshev

Obraz zawierający tekst, menu, Czcionka, zrzut ekranu

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - Wyniki uzyskane dla metryki domyślnej, algorytmami a) Topsis b) RSM c) SP-CS

### Wnioski:

Dla tego porównania i wybranych wag najbliżej siebie są wyniki otrzymane z metody Topsis i SP-CS, mimo, że różnią się trochę od siebie, to trend jest zachowany. Metoda RSM daje trochę inne wyniki, wciąż zgadza się mieszkanie z Mokotowa1, ale pierwsze miejsce dla tej metody, zajmuje dosyć niskie pozycje w pozostałych dwóch metodach.

## Porównanie 3

Parametry porównania:

* Kryteria: Odległość od centrum, Liczba pokoi
* Wagi metody Topsis: 0.4, 0,6
* Metryka: Canberra

Obraz zawierający tekst, menu, Czcionka, dokument

Opis wygenerowany automatycznie

Zrzut ekranu - Wyniki uzyskane dla metryki domyślnej, algorytmami a) Topsis b) RSM c) SP-CS

### Wnioski:

W tym porównaniu wyniki dla wszystkich trzech metod są bardzo podobne. Wszystkie wyniki są na bliskich pozycjach. Może to wynikać z podobnych wag wybranych kryteriów. Wartości *inf* oznacza, że dana alternatywa jest zdominowana.

# Wnioski i dyskusja wyników

Poszczególne eksperymenty i wynikające z nich wnioski zostały podsumowane w punkcie szóstym. Całościowo warto zwrócić uwagę, że dla poszczególnych wywołań, z różnymi parametrami, możemy zaobserwować zwracanie podobnych rezultatów na zbliżonych pozycjach. Oczywiście nie pokrywają się one w pełni, ale wynika to z trzech różnych podejść do wyznaczenia rankingu i z elementu losowego, który jest uwzględniany przy SPCS i RSM. Wpływ na różnice ma przede wszystkim sposób wyznaczania odległości – w każdej metodzie korzystamy z różnych punktów odniesienia, odrzucamy też niektóre rozwiązania na podstawie innych kryteriów (w Topsis – klas odniesienia, a SPCS i RSM – podziału na punkty zdominowane i niezdominowane).

Wprowadzone przez nas modyfikacje do algorytmów, tj. różne metryki i sposoby wyboru kryteriów, mają wpływ na wyniki końcowe. O ile metryki są często małym składnikiem powodującym zmiany i zachowują się dosyć przewidywalnie, tak kryteria mają kluczowy wpływ na ostateczny ranking. Jest to konsekwencja priorytetyzacji pewnych własności mieszkań przez użytkownika aplikacji – ranking promuje rozwiązania, które najbardziej odpowiadają jego oczekiwaniom.

Wszystkie z trzech zaimplementowanych metod mają pewne zalety i wady. Każda z nich jednak jest przydatnym narzędziem, które można wykorzystać w problemach rzeczywistych (po przyjęciu odpowiednich założeń i uproszczeń), aby stworzyć własne narzędzie wspomagania decyzji. Kiedy zależy nam na prostocie i dosyć dużej elastyczności, warto rozważyć algorytm Topsis, którego implementacja nie sprawia większych kłopotów przez wzgląd na swoją intuicyjność, a możliwość modyfikacji kryteriów i wag pomaga potencjalnemu użytkownikowi na bardziej szczegółowe porównania. Z drugiej zaś strony, metody SPCS i RSM uwzględniają więcej punktów odniesienia, przez co mogą wskazywać lepiej dopasowane rozwiązania.