



Politechnika Łódzka

Institut Informatyki

PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA

Optymalizacja struktury sieci drogowej

Structure optimization of road networks

Wydział Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej

Promotor: dr hab. inż. Aneta Poniszewska-Marańda

Kopromotor: mgr inż. Łukasz Chomątek

Dyplomant: inż. Michał Siatkowski

Nr albumu: 186865

Kierunek: Informatyka

Specjalność: Sztuczna Inteligencja i Inżynieria Oprogramowania

Łódź 20.01.2015



Institut Informatyki

90-924 Łódź, ul. Wólczańska 215, *budynek B9*

tel. 042 631 27 97, 042 632 97 57, fax 042 630 34 14 email: office@ics.p.lodz.pl

Spis treści

1	Wstęp.	4
1.1	Problematyka i zakres pracy.	4
1.2	Metoda badawcza.	5
1.3	Przegląd literatury w dziedzinie.	6
1.4	Układ pracy.	6
2	Optymalizacja struktury sieci drogowej.	7
2.1	Podstawowe definicje.	7
2.2	Paradoks Braessa.	7
2.3	Składowa silnie spójna.	9
2.4	Punkty artykulacji grafu.	9
2.5	Klasyczny algorytm genetyczny.	9
3	Technologie i metody użyte.	12
3.1	Symulator transportu.	12
3.2	Przestrzeń poszukiwań.	12
3.3	Technologie i metodologie programistyczne.	12
3.4	Zastosowany przykład, Siouxfalls.	12
4	Opis projektu.	14
4.1	Dane wejściowe.	14
4.2	Wdrożenie.	14
4.3	Przewidywane problemy.	15
5	Podsumowanie.	16
5.1	Dyskusja wyników.	16
5.2	Ocena możliwości wdrożenia.	16
5.3	Perspektywy dalszych badań w dziedzinie.	16
	Spis rysunków	16
	Spis tabel	17
	Spis listingów	18
	Bibliografia	19
	Załączniki	20

Rozdział 1

Wstęp.

1.1 Problematyka i zakres pracy.

Niniejsza praca obejmuje zagadnienia z zakresu inżynierii oprogramowania i sztucznej inteligencji. Głównym jej celem jest stworzenie aplikacji optymalizującej strukturę sieci drogowej.

Problemy komunikacji w dzisiejszych miastach są wszystkim znane. Zatory drogowe i korki w godzinach szczytu są chlebem powszednim. Pomimo wielu prób i sposobów, wciąż nie istnieje metoda jednoznacznie rozwiązująca tę kwestię. Bezsparnie, dotyczy to wszystkich miast na świecie. Z teoretycznego punktu widzenia, jedynym rozwiązaniem jest komunikacja publiczna. Oczywistym jest jednak, że nigdy nie doprowadzimy do sytuacji, gdy wszyscy mieszkańcy zrezygnują ze swoich pojazdów. Dodatkowo, wiele osób i usług wymaga oddzielnej formy transportu. W obliczu tych faktów miasta decydują się na rozwój swojej infrastruktury drogowej. Budowa nowych tras oraz poszerzanie starych przynosi nadzieję mniejszych zatorów a co za tym idzie, szybszego przejazdu do celu. Niestety, historia pokazuje, że takie inwestycje nie zawsze przynoszą oczekiwane korzyści.

Teorii próbujących wytłumaczyć te zjawiska, jak również dowodów, które je popierają lub obalają jest wiele. Jedną z najpopularniejszych oraz taką która została wykorzystana w niektórych miastach na świecie jest paradoks Braessa[14]. Jest to twierdzenie matematyczne orzekające, że w pewnym modelu ruchu drogowego czasy podróży pojazdów mogą ulec wydłużeniu po dodaniu do sieci drogowej nowego połączenia. Ma ono również zastosowanie w przypadku sieci komputerowych oraz istnieją jego analogie dla doświadczeń fizycznych.

Moim celem jest opracowanie metody, która dla danej struktury sieci drogowej zmodyfikuje ją wykorzystując prawidłowość z powyższego paradoksu. W efekcie poprzez zamknięcie wybranych ulic w danej sieci drogowej, średni czas podróży powinien ulec skróceniu.

1.2 Metoda badawcza.

Studia literaturowe.

Moje badania rozpocząłem od poszukiwania źródeł traktujących o opisywanym przeze mnie problemie. Paradoks Braessa został sformułowany w 1970 roku i był od tego czasu wykorzystywany przy planowaniu przestrzeni i infrastruktury wielu miast, np:

- Korea, Seul, likwidacja m.in. estakad Cheonggyecheon,
- Niemcy, Stuttgart, likwidacja dróg zbudowanych w latach 60,
- USA, Nowy Jork, czasowe zamknięcie ulicy 42,
- USA, Winnipeg.[15]

Propozycja rozwiązania problemu.

Oczywistym rozwiązaniem problemu komunikacji mogłoby być stworzenie idealnej sieci odpowiadającej potrzebom danego miasta. Rozbudowa lub modyfikacja tej infrastruktury jest jednak kosztowna i czasochłonna. Dlatego zdecydowałem się na przetestowanie rozwiązania zaproponowanego przez Braessa. Ponieważ istnieją prace negujące lub podważające paradoks[2], zdecydowałem by przy potwierdzaniu wyniku optymalizacji nie kierować się wyłącznie założeniami zawartymi w twierdzeniu.

Opis zastosowania algorytmów genetycznych.

Ponieważ nie znalazłem żadnych przesłanek wykazujących jednoznaczną ocenę co do słuszności zamknięcia danej ulicy, zdecydowałem się losowe przeszukiwanie przestrzeni rozwiązań. Jednym z rozwiązań w przypadku takich poszukiwań są algorytmy genetyczne, na które się zdecydowałem w swojej pracy.

Przedstawienie oceny optymalizacji.

Paradoks Braessa zakłada dość oczywiste potwierdzenie swojej wiarygodności. Zdecydowałem się więc na zastosowanie zewnętrznego systemu oceny. Taką rolę spełniają systemy symulacji. System, który wybrałem działa zupełnie oddzielnie od metody twierdzenia, symulując rzeczywisty ruch na danej sieci drogowej. Wynik symulacji jest jednoznaczną wartością liczbową, przedstawiającą średni czas przejazdów wszystkich agentów biorących udział w danym scenariuszu. Zakładając stały zestaw agentów dla zmieniających się w wyżej opisany sposób sieci, dążymy oczywiście do minimalizacji średniego czasu przejazdu.

Ocena możliwości wdrożenia proponowanych rozwiązań.

Paradoks Braessa nie jest jedynym twierdzeniem traktującym o problemach komunikacyjnych miast. Wiele teorii jest opartych głównie na socjologicznych lub psychologicz-

nych założeniach¹. Są jednak niemniej ważne. Biorąc pod uwagę złożoność problemu, wynik otrzymany podczas eksperymentu nie może być dowodem ani decydującym głosem w decyzjach dotyczących ustalaniu rzeczywistego ruchu drogowego miasta.

1.3 Przegląd literatury w dziedzinie.

Rozszerzyć odpowiedni podpunkt z metody badawczej, np. wg podziału:

Źródła książkowe polskojęzyczne i tłumaczenia.

Źródła książkowe obcojęzyczne.

Artykuły naukowe, raporty z badań, komunikaty konferencyjne, dokumentacje techniczne, manuale, instrukcje

Źródła elektroniczne.

1.4 Układ pracy.

Tematem pracy jest:, zaś za główny cel przyjęto Rozdział 1 zawiera wstęp i cele pracy. W rozdziale drugim opisano/..... w Rozdziale 3. zawarto..... Rozdział 4. przedstawia..... W podsumowaniu pracy przedstawiono....., z czego wynika, że Najważniejszym wnioskiem/wynikiem/rezultatem pracy jest..... **wyraźnie określić CO TO JEST.**

cały podrozdział ok. 1 strony.

¹np. paradoks Downsa-Thomsona[16] czy prawo Lewisa-Mogridge'a[17]

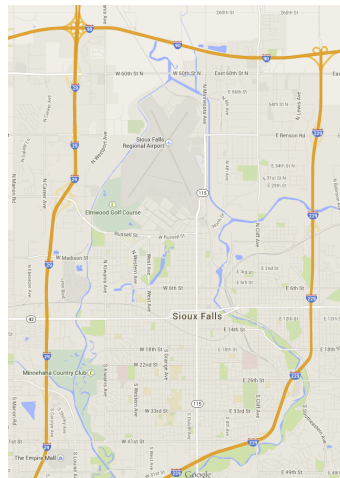
Rozdział 2

Optymalizacja struktury sieci drogowej.

2.1 Podstawowe definicje.

Ten podrozdział powinien zawierać dokładny opis terminologii pojęć zasadniczych dla tematu pracy, którymi autor będzie się posługiwał przy realizacji głównych celów pracy.

Definicja 1 *Co chce to powiem*



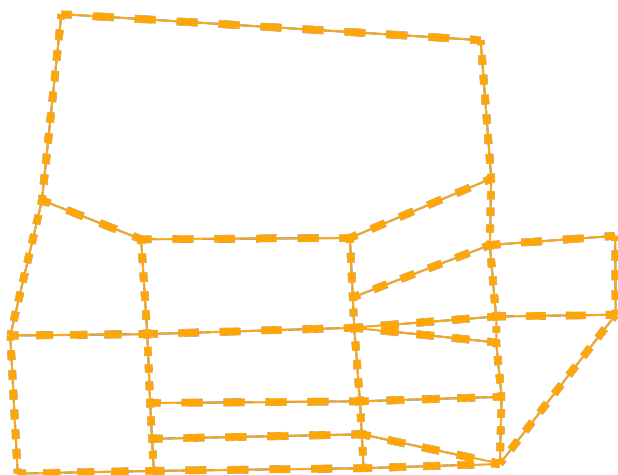
Rysunek 2.1: Fragment sieci drogowej w Sioux Falls, Południowa Dakota.

Definicja 2 *Co chce to powiem*

2.2 Paradoks Braessa.

Równowaga Nasha to taka sytuacja, w której każdy z samochodów spowoduje wydłużenie swojego czasu jazdy, zmieniając decyzję co do wyboru trasy przy niezmiennych decyzjach pozostałych aut.

Jeśli p i q to liczby aut w tysiącach pokonujących odpowiednio trasy AXB i AYB, otrzymujemy równania:



Rysunek 2.2: Sieć drogowa miasta Sioux Falls w postaci grafu.



Rysunek 2.3: Graf z dopasowaną geometrią [13].

$$p + q = 6 t_{AX}(p) + t_{XB}(p) = t_{AY}(q) + t_{YB}(q) \quad 50 + p + 10p = 10q + 50 + q$$

rozwiązaniem jest $p = q = 3$. Przy tej gęstości ruchu pokonanie obu dostępnych tras zabiera $50 + 3 + 30 = 83$ minuty.

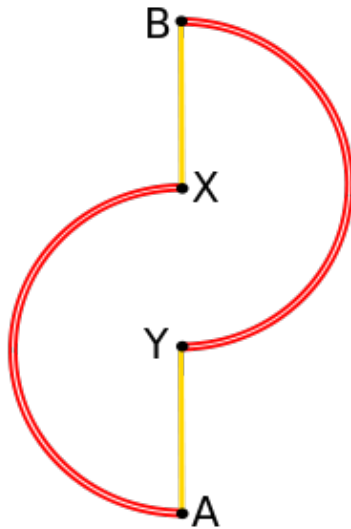
Do wyjściowego układu drogowego dodana zostaje autostrada:

$$YX, t_{YX}(p) = 10 + p \text{ min}$$

Aut jest nadal 6000 i wszystkie mają za zadanie przejechać trasę z A do B.

Jeśli p , q i r to liczby aut w tysiącach pokonujących odpowiednio trasy AXB, AYB i AYXB, otrzymujemy równania:

$$\begin{aligned} p + q + r &= 6 t_{AX}(p) + t_{XB}(p + r) = t_{AY}(q + r) + t_{YB}(q) = t_{AY}(q + r) + t_{YX}(r) + t_{XB}(p + r) \\ 50 + p + 10(p + r) &= 10(q + r) + 50 + q = 10(q + r) + 10 + r + 10(p + r) \end{aligned}$$



Autostrady: AX , $t_{AX}(p) = 50 + p$ min YB ,
 $t_{YB}(p) = 50 + p$ min
 Drogi lokalne: AY , $t_{AY}(p) = 10p$ min XB ,
 $t_{XB}(p) = 10p$ min
 Aut jest 6000 i wszystkie mają za zadanie
 przejechać trasę z A do B.

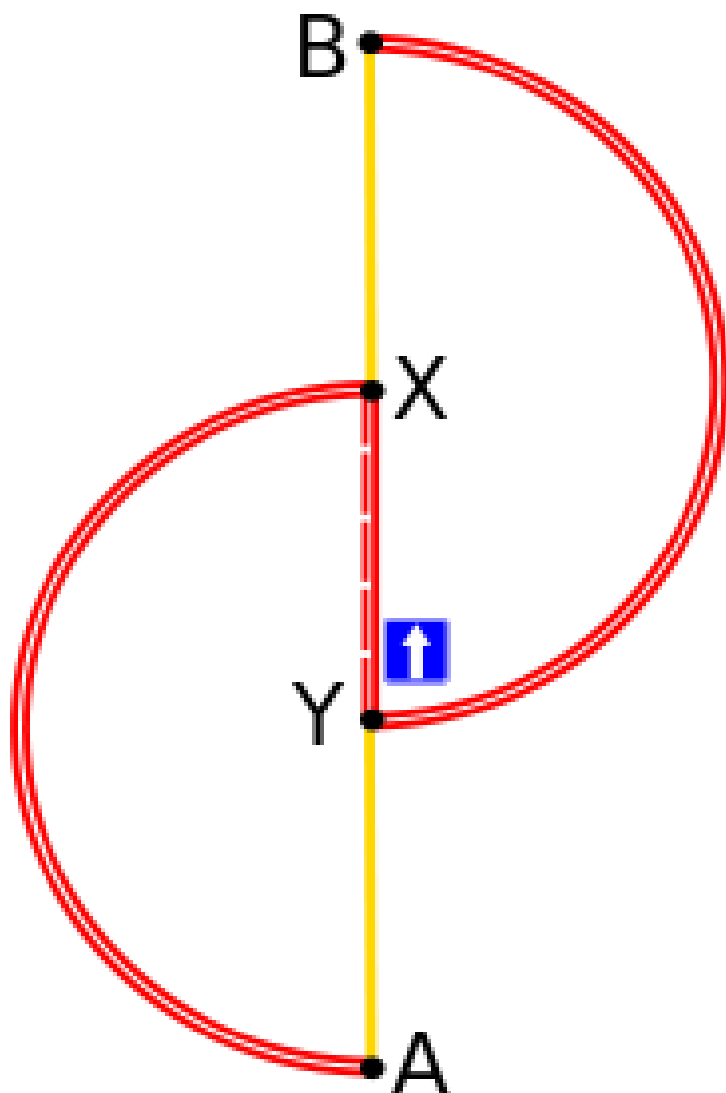
Rysunek 2.4: Wyjściowy układ drogowy

rozwiązaniem jest $p = q = r = 2$. Czas przejazdu każdej z tych dróg wynosi wówczas $50 + 2 + 10(2 + 2) = 92$ minuty.

2.3 Składowa silnie spójna.

2.4 Punkty artykulacji grafu.

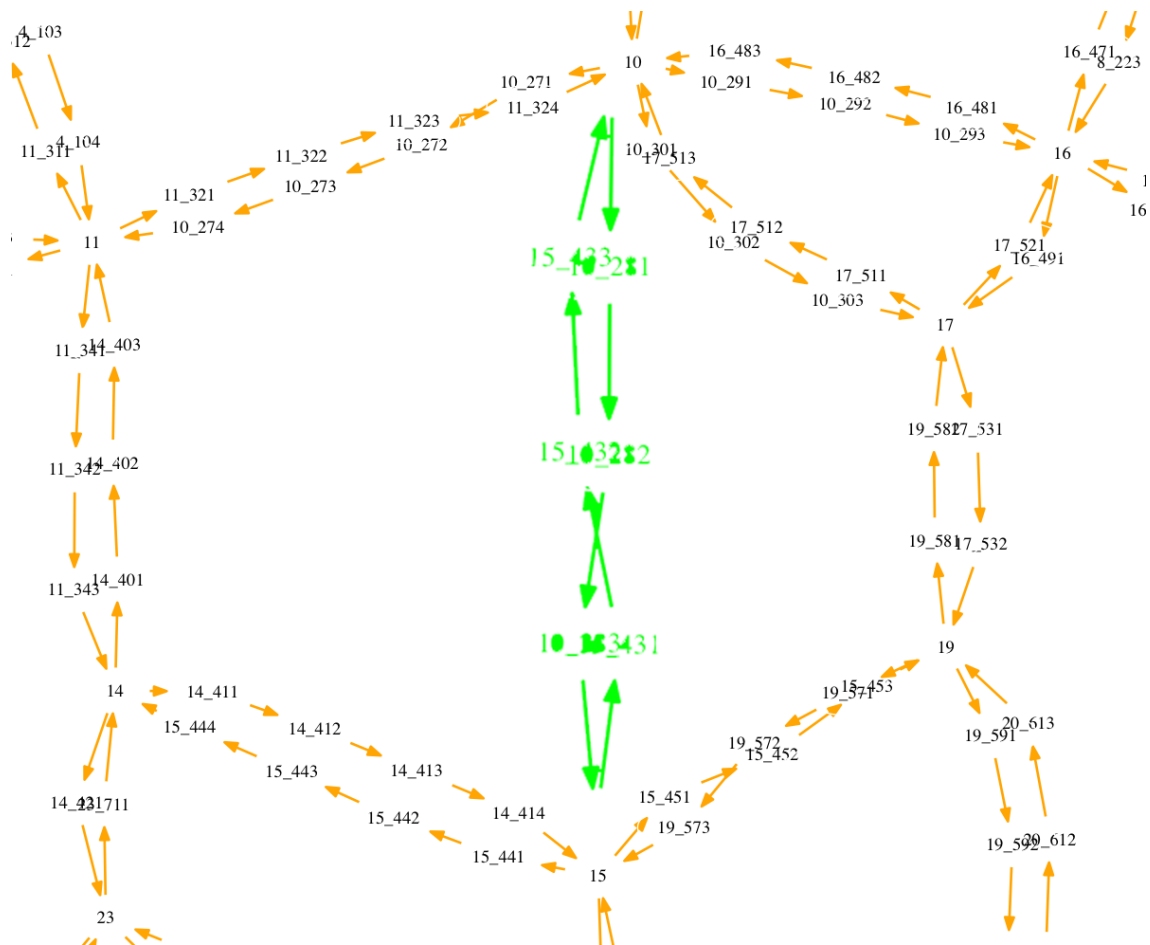
2.5 Klasyczny algorytm genetyczny.



Rysunek 2.5: Uzupełniony układ drogowy

1	1	0	0	0	0	0	
---	---	---	---	---	---	---	--

Rysunek 2.6: Fragment sieci w postaci tablicy binarnej



Rysunek 2.7: Fragment sieci w postaci grafu

Rozdział 3

Technologie i metody użyte.

3.1 Symulator transportu.



Rysunek 3.1: Logo symulatora transportu MATSim [5]

3.2 Przestrzeń poszukiwań.

Najlepszego rozwiązania będę poszukiwał wykorzystując klasyczny algorytm genetyczny.



Rysunek 3.2: Logo biblioteki Apache Commons Math [6]

3.3 Technologie i metodologie programistyczne.

3.4 Zastosowany przykład, Siouxfalls.



Rysunek 3.3: Logo Java[7]



Rysunek 3.4: Logo IDE Eclipse[8]



Rysunek 3.5: Logo Python[9]



Rysunek 3.6: Logo PyDev[10]

Rozdział 4

Opis projektu.

Ta część pracy może być podzielona na więcej rozdziałów, np. kiedy autor chce w szczególności podkreślić któryś z etapów projektu. W zależności od tematu i celów pracy, pewne sekcje można dodać (np. przy projektowaniu sieci, instalacji i konfiguracji serwerów usług sieciowych), inne zaś pominąć.

4.1 Dane wejściowe.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<config>
  <project>
    <name>siouxfalls</name>
    <output-dir>../output</output-dir>
    <threads>4</threads>
    <log-level>INFO</log-level>
    <python-path>/usr/local/bin/python</python-path>
  </project>
  <scenario>
    <config>../siouxfalls/config.xml</config>
    <network>../siouxfalls/network.xml</network>
    <population>../siouxfalls/population.xml</population>
    <facilities>../siouxfalls/facilities.xml</facilities>
    <iterations>50</iterations>
  </scenario>
  <genetics>
    <population-size>35</population-size>
    <max-generations>150</max-generations>
    <elitism-rate>0.15</elitism-rate>
    <crossover-rate>1.0</crossover-rate>
    <mutation-rate>0.1</mutation-rate>
    <tournament-arity>2</tournament-arity>
  </genetics>
</config>
```

4.2 Wdrożenie.

pewnie brakuje tekstu



Rysunek 4.1: Logo Trisquel[11]

4.3 Przewidywane problemy.

- Brak gwarancji lepszego wyniku
- Długi czas obliczeń
- Duże wymagania dotyczące zasobów

Rozdział 5

Podsumowanie.

5.1 Dyskusja wyników.

Dzięki zrealizowaniu pracy poprawie uległa wydajność Ponadto, o ?? skrócony został czas, a koszty osiągnięcia zamierzonego efektu zostały zmniejszone z ???pln do ???pln za godzinę/ dzień/ jednostkę sprzętu..... Które cele pracy udało się zrealizować? co z tego wynika? Które cele pracy pozostały niezrealizowane i dlaczego?

5.2 Ocena możliwości wdrożenia.

... ich wartość praktyczna, lokalne i globalne możliwości zastosowania, kwestia praw autorskich do powstałych produktów, itp.

5.3 Perspektywy dalszych badań w dziedzinie.

Jak można kontynuować tę pracę, zwłaszcza pod kątem studiów uzupełniających magisterskich i/lub doktoranckich. Co jeszcze powinno być zrobione lub ulepszone? Co należy zmienić lub poprawić w pracy z dzisiejszego punktu widzenia?

Spis rysunków

2.1	Fragment sieci drogowej w Sioux Falls, Południowa Dakota.	7
2.2	Siec drogowa miasta Sioux Falls w postaci grafu.	8
2.3	Graf z dopasowaną geometrią [13].	8
2.4	Wyjściowy układ drogowy	9
2.5	Uzupełniony układ drogowy	10
2.6	Fragment sieci w postaci tablicy binarnej	10
2.7	Fragment sieci w postaci grafu	11
3.1	Logo symulatora transportu MATSim [5]	12
3.2	Logo biblioteki Apache Commons Math [6]	12
3.3	Logo Java[7]	13
3.4	Logo IDE Eclipse[8]	13
3.5	Logo Python[9]	13
3.6	Logo PyDev[10]	13
4.1	Logo Trisquel[11]	15

Spis tablic

Spis listingów

img/config.xml	14
--------------------------	----

Bibliografia

- [1] Leslie Arthur Keith Bloy, *An investigation into Braess' paradox*, 02/2007
- [2] Rric Pas and Shari Principio *Braess' paradox: Some new insights*, April 1996
- [3] Wataru Nanya, Hiroshi Kitada, Azusa Hara, Yukiko Wakita, Tatsuhiro Tamaki, and Eisuke Kita *Road Network Optimization for Increasing Traffic Flow* Int. Conference on Simulation Technology, JSST 2013.
- [4] Ana L. C. Bazzan and Franziska Klügl *Reducing the Effects of the Braess Paradox with Information Manipulation*
- [5] <http://matsim.org>
- [6] <http://commons.apache.org/proper/commons-math>
- [7] <http://www.java.com/pl/>
- [8] <https://eclipse.org>
- [9] <http://pl.python.org>
- [10] <http://pydev.org>
- [11] <https://trisquel.info>
- [12] M. Rieser, C. Dobler, T. Dubernet, D. Grether, A. Horni, G. Lammel, R. Waraich, M. Zilske, Kay W. Axhausen, Kai Nagel *MATSim User Guide* updated September 12, 2014
- [13] A. Chakirov *Enriched Sioux Falls Scenario with Dynamic Demand* MATSim User Meeting, Zurich/Singapore, June 2013.
- [14] http://pl.wikipedia.org/wiki/Paradoks_Braessa
- [15] <http://urbnews.pl/paradoks-braessa/>
- [16] http://pl.wikipedia.org/wiki/Paradoks_Downsa-Thomsona
- [17] http://pl.wikipedia.org/wiki/Prawo_Lewisa-Mogridge \T1\textquoterighta

Załączniki

1. Załącznik nr 1
2. Załącznik nr 2
3. Załącznik nr 3

Abstract

The purpose of the present bachelor thesis was to create an internet application with an integrated recommender system based on music resources. My work covered two main fields: creating the application as well as building a recommender system and testing its efficiency.