

Politechnika Cz stochowska
Wydział In ynierii Mechanicznej i Informatyki
Kierunek: Informatyka
Specjalno : In ynieria Oprogramowania

PRACA MAGISTERSKA

Wybór wielokryterialny
w warunkach niepewno ci rozmytej,
w zastosowaniu do wyceny nieruchomo ci

in . Andrzej Korcala

Nr albumu: 5756

Rok akademicki: 2002/2003

Promotor: **dr hab. in . Paweł Sewastjanow prof. P.Cz.**

Recenzent: **dr hab. in . Roman Wyrzykowski prof. P.Cz.**

Data oddania pracy:

Ocena promotora:..... Podpis.....

Ocena recenzenta:..... Podpis.....

Spis treści:

1	Wprowadzenie	6
1.1	Wstęp	6
1.2	Cel i zakres pracy	7
1.3	Opis sytuacji	7
2	Metoda rozwiązania	8
2.1	Metody wyceny nieruchomości określone ustaw	8
2.2	Wybór metody	9
2.2.1	Przedziały rozmyte	9
2.2.2	Współczynniki wagowe	9
2.2.3	Wybór wielokryterialny	9
2.2.4	Proponowane rozwiązanie	9
2.3	Kroki postępowania	11
2.3.1	Formalizacja kryteriów szczegółowych	11
2.3.2	Wyliczenie współczynników wagi wagowej – rang	15
2.3.3	Budowa globalnego kryterium oceny	18
2.4	Określenie ceny nieruchomości	21
2.4.1	Porównanie kryteriów globalnych	21
2.4.2	Wyliczenie współczynników funkcji przynależności kryterium globalnego	21
2.4.3	Wyliczenie ceny nieruchomości poszukiwanej	22
3	Implementacja	23
3.1	Wymagania sprzętowe i programowe aplikacji	24
3.2	Funkcje programu	25
3.2.1	Interfejs użytkownika	25
3.2.2	Zalogowanie się do systemu	25
3.2.3	Opis metody wyceny nieruchomości	26
3.2.4	Zmiana ustawień bazy danych	26
3.2.5	Zarządzanie danymi nieruchomości	26
3.2.6	Utworzenie funkcji przynależności dla przedziałów rozmytych	28
3.2.7	Ustalenie wag	29
3.2.8	Wprowadzenie danych nieruchomości wycenianej	31
3.2.9	Wybór kryterium ceny	31
3.2.10	Wyliczenie ceny nieruchomości	32

4	Wnioski	35
5	Załączniki	36
5.1	Podstawy prawne	36
5.2	Źródła informacji o nieruchomości i podobnych do niej nieruchomościach	37
5.3	Przykładowa tabela z danymi podobnych nieruchomości	38
5.4	Ankieta wartości kryteriów	39
5.5	Wypełniona przez eksperta ankieta wartości kryteriów	40
5.6	Tabela nieruchomości wykorzystana w pracy	41
5.7	Rodzaje funkcji przynależności	42
6	Bibliografia	43

Spis tabel:

Tabela 1 Funkcja przynale no ci: Lokalizacja	13
Tabela 2 Funkcja przynale no ci: S siedztwo	13
Tabela 3 Funkcja przynale no ci: Dojazd	14
Tabela 4 Funkcja przynale no ci: Kształt	14
Tabela 5 Funkcja przynale no ci: Uzbrojenie	14
Tabela 6 Przykładowo wypełniona tabela wag 1	17
Tabela 7 Przykładowo wypełniona tabela wag 2	17
Tabela 8 Funkcja przynale no ci: Lokalizacja	19
Tabela 9 Funkcja przynale no ci: S siedztwo	19
Tabela 10 Funkcja przynale no ci: Dojazd	19
Tabela 11 Funkcja przynale no ci: kształt	20
Tabela 12 Funkcja przynale no ci: uzbrojenie	20
Tabela 13 Wagi wyliczone w programie	30
Tabela 14 Wagi eksperta w standardowym operacie szacunkowym	31
Tabela 15 Rozkład współczynników dla równych wag kryteriów	32
Tabela 16 Rozkład współczynników dla losowych wag kryteriów	32
Tabela 17 Rozkład warto ci kryteriów globalnych por ównywanych nieruchomo ci	34
Tabela 18 Warto ci kryterium globalnego nieruchomo c i wycenianej	34

Spis ilustracji:

Rysunek 1 Funkcja przynale no ci dla kryterium ilo ciowego	14
Rysunek 2 Ekran powitalny	25
Rysunek 3 Wy wietlanie danych nieruchomo ci	27
Rysunek 4 Edycja danych nieruchomo ci	27
Rysunek 5 Wybór kryteriów do oceny	28
Rysunek 6 Wybór modelu przedziału dla kryterium	28
Rysunek 7 Podawanie warto ci charakterystycznych kryteriów	29
Rysunek 8 Wybór wag kryteriów	29
Rysunek 9 Porównanie wagi eksperta	31
Rysunek 10 Wyliczona cena nieruchomo ci	33

1 Wprowadzenie

1.1 Wstęp

Wycena nieruchomości jest typowym problemem podejmowania decyzji opartym od nieprecyzyjnych danych i subiektywnych ocenach ludzi.

Wkrada się tu wiele nieprecyzyjnych określeń i niepewności powodowanej różnymi czynnikami. Często z nich jest związana z samymi specyfikami wyceny nieruchomości, choćby teren dla jednego eksperta wartościowy, dla innego zupełnie bezużyteczny. Podobne niepewności i nieprecyzyjne określenia („no w sumie dojazd jest dobry”), przy odpowiednich nakładach czasowych i finansowych, można zbadać i zmierzyć, a następnie sformalizować w ramach klasycznej teorii prawdopodobieństwa. Zawsze jednak znajdzie się przypadek wykraczający poza wymierzone ramy. W każdym systemie, więc i podczas wyceny nieruchomości, biorą udział ludzie. Określają cechy, przekazują informacje, podejmują decyzje. Przez nich powstaje źródło niepewności wywołane ludzką psychiką. Korzystając ze zwykłych metod rozwiązywania takich problemów, często występuje utrata tej niepewności, a wraz z nią, dokładności wyniku. By tego uniknąć zaczęto stosować metody zbiorów rozmytych, algorytmy genetyczne, sieci neuronowe itp.

Rozwiązanie problemu wyceny nieruchomości przy pomocy sieci neuronowych próbowano już stosować, lecz problemem była tu niewystarczająca i zmieniająca się ilość danych o nieruchomościach potrzebna do uczenia sieci.

Metoda wyboru wielokryterialnego w warunkach niepewności rozmytej nie posiada takich ograniczeń, gdyż skrajnym przypadkiem wystarczą jedynie dane o dwóch innych już wycenionych nieruchomościach.

1.2 Cel i zakres pracy

Celem jest rozwiązanie problemu szybkiej wyceny nieruchomości z wykorzystaniem metod wyboru wielokryterialnego i przedziałów rozmytych. Następnie stworzenie aplikacji, która ułatwiłaby określenie wartości rynkowej nieruchomości, w celu ustalenia ceny do jej sprzedaży w drodze bezprzetargowej.

1.3 Opis sytuacji

W 1998 roku powołano ustawę o gospodarce nieruchomościami (tj.: Dz. U. Nr 46, poz. 453) Powszechną Taksację Nieruchomości (PTN). Zgodnie z definicją zawartą w art. 4 wymienionej ustawy PTN to wycena nieruchomości w wyniku której następuje ustalenie wartości katastralnej nieruchomości. Wartość katastralną nieruchomości ustala się na podstawie oszacowania nieruchomości reprezentatywnych dla ich poszczególnych rodzajów na obszarze gminy. Jeżeli nieruchomości reprezentatywne były przedmiotem obrotu wartość katastralną ustala się z wykorzystaniem cen transakcyjnych tych nieruchomości.

Wycena nieruchomości powoduje jednak wiele komplikacji, min.:

- Skomplikowany proces szacowania wartości dużej liczby zróżnicowanych nieruchomości.
- Zależności na rynku nieruchomości.
- Oddziaływanie na cen transakcyjną nieruchomości zmiennych jako czynnych o różnym wpływie.
- Skomplikowana procedura poszukiwania obiektów porównawczych i reprezentatywnych.
- Różne wagi atrybutów różnicowych.
- Brak matematycznej postaci modelu wartości jednostkowych gruntu, budynku i lokalu

2 Metoda rozwi zania

2.1 Metody wyceny nieruchomości okre lona ustaw

Opracowana metoda opiera si e cz ciowo na rozporz dzeniu rady ministrów z dnia z dnia 27.11.2002 r. o zasadach wyceny nieruchomości i innych zawartych w zał czniku 5.1.

W ustawie podane s dwa podej cia do rozwi zania problemu: porównawcze i dochodowe.

Okre lanie warto ci nieruchomości polega na okre laniu warto ci prawa własno ci lub innych praw do nieruchomości.

Okre lanie warto ci rynkowej nieruchomości poprzedza si analiz rynku nieruchomości, w szczególno ci w zakresie uzyskiwanych cen, stawek czynszów oraz warunków zawarcia transakcji.

Podej cie porównawcze oferuje metody porównywania parami, metod korygowania ceny redniej albo metod analizy statystycznej rynku. Przy metodzie porównywania parami porównuje si nieruchomo b d c przedmiotem wyceny, której cechy s znane, kolejno z nieruchomo ciami podobnymi, które były przedmiotem obrotu rynkowego i dla których znane s ceny transakcyjne, warunki zawarcia transakcji oraz cechy tych nieruchomości.

Przy metodzie korygowania ceny redniej do porówna przyjmuje si z rynku właciwego ze wzgl du na poło enie wycenianej nieruchomości co najmniej kilkana cie nieruchomości podobnych, które były przedmiotem obrotu rynkowego i dla których znane s ceny transakcyjne, warunki zawarcia transakcji oraz cechy tych nieruchomości. Warto nieruchomości b d cej przedmiotem wyceny okre la si w drodze korekty redniej ceny nieruchomości podobnych współczynnikami koryguj cymi warto ci przypisane poszczególnym cechom tych nieruchomości.

Przy metodzie analizy statystycznej rynku do porówna przyjmuje si prób nieruchomości reprezentatywnych. Warto nieruchomości okre la si przy u yciu metod stosowanych do analiz statystycznych.

Przy stosowaniu podej cia dochodowego konieczna jest znajomo dochodu uzyskiwanego lub mo liwego do uzyskania z czynszów lub z innych dochodów z nieruchomości stanowi cej przedmiot wyceny oraz z nieruchomości podobnych.

W podej ciu dochodowym stosuje si metod inwestycyjn albo metod zysków.

Metod inwestycyjn stosuje si przy okre laniu warto ci nieruchomości przynosz cych lub mog cych przynosi dochód z czynszów najmu lub dzier awy., którego wysoko mo na ustali na podstawie analizy kształtowania si stawek rynkowych tych czynszów.

Metod zysków stosuje si przy okre laniu warto ci nieruchomości przynosz cych lub mog cych przynosi dochód, którego wysoko ci nie mo na ustali w sposób, o którym mowa poprzednio. Dochód ten ustala si w wysoko ci odpowiadaj cej udziałowi właciela nieruchomości w zyskach osi ganych z działalno ci prowadzonej na nieruchomości stanowi cej przedmiot wyceny i na nieruchomościach podobnych.

Metod inwestycyjn i metod zysków stosuje si przy u yciu techniki kapitalizacji prostej albo techniki dyskontowania strumieni pieni nych.

2.2 Wybór metody

Do pracy tej wykorzystano podejście porównawcze z metod korygowania cen średnich, ale zmodyfikowaną tak, by wykorzystano metody podejmowania wielokryterialnych decyzji w warunkach niepewności rozmytej.

2.2.1 Przedziały rozmyte

Wadę z kryteriów opisujących nieruchomości nie jest wartość, którą można na by łatwo porównać z innymi. Dodatkowo, często z nich nie jest opisana liczbami, lecz określeniami jakościowymi i nie jest możliwe ich dokładne określenie. Dlatego te naturalnie nasuwa się uproszczeniem jest zastosowanie przedziałów rozmytych. Przedziały takie wykorzystują intuicyjne podejście eksperta określające dokładnie, niedokładne dane.

2.2.2 Współczynniki wagowe

Jasne jest, że nie wszystkie kryteria opisujące nieruchomości są równoważne. Tutaj niezbędna jest wiedza eksperta, bądź te osoby dla której nieruchomości jest wyceniana. Od wyboru wagowych kryteriów zależy późniejsza hierarchia wartości.

Ocenę, które kryteria są ważniejsze nie jest prosta, nawet dla doświadczonego eksperta. Dlatego też z pomocą przychodzi tu macierz porównań parzystych, gdzie porównuje się ze sobą kawałkami dorazowo jedynie dwa kryteria, przy wykorzystaniu ocen jakościowych.

2.2.3 Wybór wielokryterialny

Każda z nieruchomości posiada, zależnie od opisu, od kilku do kilkunastu własności określających. Porównanie dwóch nieruchomości przez człowieka, wymaga dlatego doświadczenia i wiedzy eksperckiej. Porównanie w ten sposób kilkudziesięciu jest praktycznie niemożliwe.

Celem dalszego postępowania będzie sprowadzenie każdej z porównywanych nieruchomości do pojedynczego współczynnika jej wartości zawartego w przedziale od 0 do 1.

2.2.4 Proponowane rozwiązanie

Dotychczas metody wyboru wielokryterialnego w warunkach niepewności rozmytej stosowano do wyboru optymalnego zestawu kryteriów. W przypadku wyceny nieruchomości wszystkie kryteria są już podane, a szukane jest cenę nieruchomości.

Po wyliczeniu współczynników wartości dla każdej z nieruchomości, których ceny znamy, można przystąpić do wyceny szukanej nieruchomości.

Jednym z od razu narzucających się sposobów znalezienia ceny, jest znalezienie nieruchomości już wycenionej, której współczynnik wartości jest taki sam, jak współczynnik nieruchomości szukanej. Sytuacja znalezienia takiej nieruchomości jednak jest mało prawdopodobna.

Innym sposobem byłoby wziąć nieruchomości o współczynnikach wartości większym i mniejszym niż nieruchomości szukana i wycenić je średnio, bądź średnio w onej. Jednakże i tu może się zdarzyć, że nie będzie nieruchomości mniej lub bardziej wartościowych.

Dlatego też autor proponuje znalezienie funkcji przynależności znanych cen nieruchomości od wyliczonego współczynnika. Zastosowanie tutaj metody najmniejszych kwadratów, będzie metodą najprostszą, a jednocześnie nie wydajną.

Po odnalezieniu współczynników funkcji znalezienie poszukiwanej ceny nieruchomości, b dzie sprowadzało si wtedy jedynie do przyporządkowania wyliczonego współczynnika wartości owej nieruchomości do owej funkcji. Dużą zaletą jest, że już dwie podobne nieruchomości wycenione wystarczą, by utworzyć funkcję przynależności i rozpocząć wycenę, a każda następująca tylko zwiksza dokładność wyceny. Zostawia to w tyle inne metody niestandardowe takie jak np.: metoda sieci neuronowych.

Dodatkowo metoda ta nie jest obciążona wadami poprzednich, a jednocześnie nie jest intuicyjna i prosta w implementacji.

2.3 Kroki post powania

Należy zaznaczyć, że formalizacja kryteriów szczegółowych, jak i ocena wartości kryteriów musi się dotyczyć konkretnego typu wyceny nieruchomości. Będzie to widoczne na przykładzie poniżej, gdzie w jednym przypadku powierzchnia nieruchomości praktycznie nie ma znaczenia, a w drugim stosunkowo duże.

Dlatego też, sama baza danych o nieruchomościach musi być stworzona dla konkretnego typu wyceny. Gdy już wzięte do porównania wycenione nieruchomości były wyceniane właśnie w ten sposób. Sama zmiana wag i funkcji przynależności, bez zmiany bazy nieruchomości, choć może być, prawie na pewno da przekłamane wartości.

Do podania przykładowego rozwinięcia problemu wyceny nieruchomości wzięto nieruchomości rolne, których przeznaczeniem jednak będzie postawienie domu rodzinnego. Dane o nieruchomościach i przykład klasycznego rozwinięcia tego problemu metodami statystycznymi zostały wzięte z operatu szacunkowego mgr Jarosława Chlebicy, który służył również pomocą jako ekspert w wyborze modeli przedziałów rozmytych i wag kryteriów.

2.3.1 Formalizacja kryteriów szczegółowych

Do opisu cech rynkowych nieruchomości wziętych do porównania, wzięto pod uwagę te cechy, które są brane pod uwagę przy wyborze miejsca pod zabudowę mieszkaniową.

W kontakcie z ekspertem dla określenia wartości rynkowej nieruchomości w metodzie porównywania parami przyjęto następujące cechy i ich ocen:

- Lokalizacja
 - centralna położenie w centrum administracyjnym lub handlowym terenu, na którym położona jest działka (może to być centrum miasta, dzielnicy lub nawet osiedla); bliska odległość od sklepów pierwszej potrzeby oraz miejsc użyteczności publicznej typu kino, kościół czy administracja; główna arteria komunikacyjna w pobliżu z przystankami komunikacji miejskiej;
 - po średnio położenie w pewnym oddaleniu od centrum administracyjnego lub handlowego, od kilkuset metrów do kilku kilometrów; utrudniony dostęp do miejsc użyteczności publicznej; oddalenie od głównej arterii komunikacyjnej terenu; utrudnione korzystanie ze środków komunikacji miejskiej;
 - peryferyjna położenie w oddaleniu od centrum administracyjnego lub handlowego od kilku do kilkunastu kilometrów; trudny, wymagający dużego nakładu czasu, dostęp do miejsc użyteczności publicznej; również trudny dostęp do środków komunikacji miejskiej spowodowany oddaleniem od najbliższego przystanku lub niewielką ilością autobusów obsługujących ten teren; duże oddalenie od głównej arterii komunikacyjnej terenu;

- Siedztwo (najbliższe otoczenie)
 - korzystne okolica spokojna; brak hałasu; blisko terenów zielonych; brak zakładów przemysłowych; występowanie domów mieszkalnych w odległości kilkudziesięciu metrów; łatwy dostęp do środków komunikacji miejskiej oraz sklepów z artykułami pierwszej potrzeby;
 - średnio korzystne występowanie ośrodków, które czasowo mogą zakłócać spokój (np. niewielki zakład; szkoła); blisko siedztwo innych budowli mieszkalnych; tereny zielone w pewnym oddaleniu utrudniony dostęp do środków komunikacji miejskiej lub sklepów z artykułami pierwszej potrzeby;
 - niekorzystne położenie przy ruchliwej ulicy; duże zagęszczenie budowli mieszkalnych lub brak takich w promieniu kilku kilometrów; brak terenów zielonych; duża odległość od sklepów i komunikacji miejskiej (do kilkuset metrów); siedztwo zakładów przemysłowych
- dojazd:
 - bardzo dobry blisko (do kilku kilometrów) głównych arterii komunikacyjnych regionu (drogowych lub kolejowych); droga prowadząca w okolice nieruchomości asfaltowa, w dobrym stanie, bez dziur i wybojów; droga dojazdowa do nieruchomości równie asfaltowa lub wyłożona kamieniami w dobrym stanie; jej stan prawny jest jasno określony – droga gminna, współwłasności lub służebno-gruntowa dla właścicieli ocenianej nieruchomości; łatwy dostęp (niewielka odległość, do kilkunastu metrów) do środków komunikacji miejskiej;
 - dobry główne arterie komunikacyjne regionu oddalone o kilkanaście kilometrów; droga prowadząca w okolice nieruchomości skomplikowana, asfaltowa lecz z pewnymi uszczerbkami typu koleiny; droga dojazdowa do nieruchomości wyłożona kamieniami lub gruntowa lecz niewielkiej długości; przystanek komunikacji miejskiej oddalony o kilkanaście lub kilkadziesiąt metrów, lecz obsługiwany przez małą ilość autobusów;
 - utrudniony główne arterie komunikacyjne regionu przebiegają w odległości kilkudziesięciu kilometrów; droga prowadząca w pobliże nieruchomości skomplikowana, z licznymi zakrętami; asfaltowa lecz słabo utrzymana – dziury, koleiny, wyboje; dojazd od drogi asfaltowej kilkukilometry, drogą gruntową z licznymi zagłębieniami, dziurami; stan prawny tej drogi nie do końca wyjaśniony np.: droga zwyczajowa;
- kształt:
 - regularny kwadrat; prostokąt o niewielkiej różnicy boków; trapez z prawie równymi podstawami;

- wydłużony prostokąt lub trapez o dużej wysokości; niewielka szerokość;
- uzbrojenie:
 - energia i woda;
 - woda;
 - brak;

Nie wzięto pod uwagę następujących cech analizowanych nieruchomości gruntowych:

- powierzchnia wszystkie mają po kilka tysięcy m² czyli wielkość wystarczającą do wybudowania domu i stworzenia wokół niego przyjemnego otoczenia, a na tym przede wszystkim zależy ludziom szukać cym miejsca pod budownictwo mieszkaniowe;

Formalizację kryteriów przeprowadza się poprzez wprowadzenie funkcji przynależności. Funkcje te przybierają wartości z przedziału od 0 do 1. Przy czym 0 jest wartością niedopuszczalną, a 1 najlepszą.

Funkcje te opracowuje się przy współpracy z ekspertem, tak by określić jeden ze wzorów do którego pasuje dane kryterium (załącznik 5.3), oraz skalę 'x' dla każdego z kryteriów.

Warto dodać, że na tak dobranych modelach, opis funkcji zawiera się w kilku liczbach, więc dopasowanie odpowiedniej wartości do dowolnego kryterium jest szybkie i proste.

Ekspert przy tej analizie jest niezbędny tylko od niego można dowiedzieć się jakie są przynależności kryteriów do wartości oczekiwanych.

We współpracy z ekspertem określono następujące modele kryteriów:

Lokalizacja:

Model 3

Wartości:

Określenie:	centralna	Pośrednia	peryferyjna
Wartość	1	0,5	0

Tabela 1 Funkcja przynależności: Lokalizacja

Siedztwo:

Model 3

Wartości:

Określenie:	Korzystne	średnio korzystne	Niekorzystne
Wartość	1	0,5	0

Tabela 2 Funkcja przynależności: Siedztwo

Dojazd:
Model 3
Wartości:

Określenie:	Bardzo dobry	Dobry	Utrudniony
Wartość	1	0,5	0

Tabela 3 Funkcja przynależności do: Dojazd

Kształt:
Model 3
Wartości:

Określenie:	Regularny	wyduchy
Wartość	1	0

Tabela 4 Funkcja przynależności do: Kształt

Uzbrojenie:
Model 3
Wartości:

Określenie:	Woda i elektr.	Woda	brak
Wartość	1	0,5	0

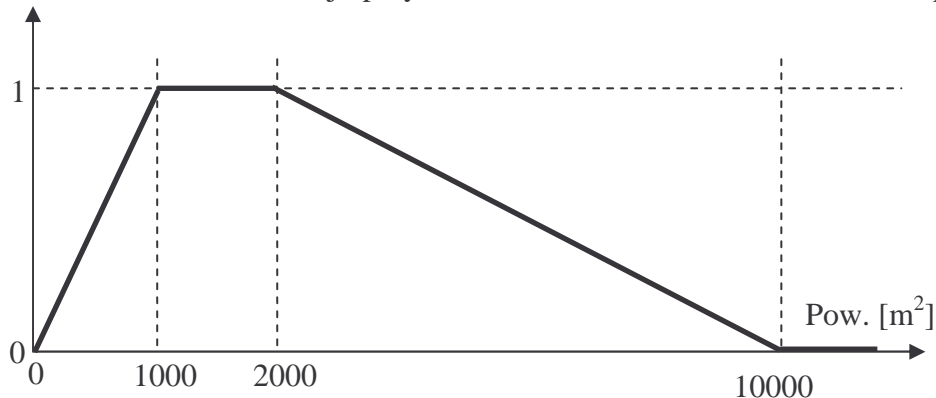
Tabela 5 Funkcja przynależności do: Uzbrojenie

To, że w badanym przypadku akurat wszystkie kryteria są kryteriami jakościowymi to jedynie przypadek. By pokazać jak wyglądałaby funkcja przynależności dla kryterium ilościowego podajemy ten oto przykład:

Załóżmy, że poszukujemy ceny dla nieruchomości gruntowej pod zabudowę użytkową. Po danych jest by była ona jak najbliżej centrum miasta. Jak wiadomo, cena powierzchni jest tym większa im tego centrum bliżej, wobec czego powierzchnia ma tu duże znaczenie, gdy zbyt mała powierzchnia nie pozwoli na budowę, a zbyt duża powierzchnia spowoduje straty przez niewykorzystanie całej powierzchni pod zabudowę.

Dla tak określonego kryterium najbardziej odpowiedni jest 2 model funkcji przynależności. Przy pomocy eksperta określamy rozmyty przedział powierzchni nieruchomości. Wartość 0, czyli brak miejsca, będzie tu wartością najmniejszą, wartością maksymalną 1000 m², a 2000 m² to optimum, a wartości powyżej 10000 m² będą uznane za niedopuszczalne.

Wobec takich ustaleń funkcja przynależności będzie się kształtowała następująco:



Rysunek 1 Funkcja przynależności do: kryterium ilościowego

2.3.2 Wyliczenie współczynników wzgl. danej wa. no. ci – rang

Jest to kolejna czynność przy której obecność eksperta jest niezbędna. Polega ona na określeniu wa. no. ci poszczególnych kryteriów w porównaniu do innych. Wykonuje się ją poprzez metodę macierzy porównawczych. Macierz porównawcza jest macierzą kwadratową i umożliwia nam, na podstawie porównywania kryteriów parami, wyznaczenie współczynników wzgl. danej wa. no. ci każdego z nich. Przy wypełnianiu macierzy wykorzystujemy tabelę ocen lingwistycznych. Proces wypełniania tabeli polega na pytaniu eksperta o porównanie wa. no. ci po kolei wszystkich par kryteriów potrzebnych w tym przypadku do wyceny nieruchomości. Np.: „Jak się ma wa. no. drogi dojazdowej do nieruchomości w porównaniu do wielkości powierzchni?”. Na co ekspert odpowiada na jeden z 9 sposobów, które pobieramy z tablicy ocen lingwistycznych:

1. Równie ważna.
2. Trochę ważniejsza, prawie równa.
3. Umiarkowanie ważniejsza.
4. Średnio ważniejsza.
5. Ważniejsza.
6. Sporo ważniejsza.
7. Dużo ważniejsza.
8. Bardzo silnie ważniejsza.
9. Nadzwyczaj silnie ważniejsza.

Dla ułatwienia i przyspieszenia wypełniania ankiety ilość pól wyboru została zmniejszona do 5, przy pozostawieniu przyporządkowanej im wartości, czyli:

1. Równie ważna.
3. Trochę ważniejsza, prawie równa.
5. Ważniejsza.
7. Dużo ważniejsza.
9. Nadzwyczaj silnie ważniejsza.

Wybór ograniczony do 5 elementów (załącznik 5.4) jest spowodowany ograniczeniami możliwości rozróżnienia przez człowieka. Im większa skala, tym trudniej człowiekowi jest się zdecydować na konkretną ocenę. Mogło by to spowodować przekłamanie we wprowadzanych danych.

Warto zauważyć, że rozmiar macierzy nie jest zależny od ilości wycenianych nieruchomości, ale od ilości opisujących je kryteriów. Dlatego te przy stałej ilości kryteriów zmiany w macierzy porównawczej nie są potrzebne zbyt często. Dzięki temu nie jest konieczne często korzystanie z pomocy ekspertów, a sama metoda jest łatwa w implementacji. Przykładowa ankieta przedstawiana ekspertom w załączniku.

Ekspert wypełnia jedynie połowę tabeli, gdy jest ona symetryczna względem diagonalnej, na której to znajdują się porównania kryteriów samych ze sobą (zawsze 1).

Pozostałe określa się wzorem:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (1)$$

Po wypełnieniu ankiety (wpisuje się załącznik 5.5, a następnie w samej aplikacji) przez eksperta następuje przepisanie jej do tabeli i wyliczenie wagi każdego z kryteriów.

Jeśli przez a_{ij} oznaczymy dowolny element macierzy porównań a przez α_i współczynnik wagowy i -tego kryterium, przy czym $i, j = 1 \dots n$, to

$$a_{ij} = \frac{\alpha_i}{\alpha_j}$$

Obliczenia współczynników na podstawie macierzy porównań można dokonać korzystając z metody klasycznej:

Macierz porównań parami nazywamy A, element macierzy porównań parami - a_{ij} , szukane wartości współczynników wagowych α_1 do α_n , wektor współczynników wagowych - $W = (\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n)$.

Po pomnożeniu wektora A przez wektor W otrzymamy:

$$AW = NW$$

gdzie N - wartość charakterystyczna macierzy A, w której można wyprowadzić wektor W współczynników wagowych α_i z uwzględnieniem warunku normalizacji:

$$\left(\sum_{i=1}^n a_i\right) / k = 1$$

gdzie: k to liczba kryteriów szczegółowych.

Jako że odzwierciedlają subiektywny pogląd eksperta, to nie są one dokładne, wobec czego wartość W obliczana jest jako wektor, funkcjonal minimalizujący:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(a_{ij} - \frac{\alpha_i}{\alpha_j}\right)^2 \rightarrow \min$$

tzn. wartości szukane otrzymuje się przez rozwiązanie zadania optymalizacji:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij} \alpha_j - \alpha_i)^2 \rightarrow \min; \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = n; \quad i = j$$

Klasyczny metod rozwiązywania zadania minimalizacji funkcji wielu zmiennych

$$f(x) = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

przy istnieniu ograniczeń, zadanych w postaci $g_i(x) = 0, i=1, \dots, k$, jest metoda nieokreślonych czynników Lagrange'a.

Przy jej pomocy powstaje funkcja n+k zmiennych, nazywana funkcją Lagrange'a:

$$L(x, \lambda) = f(x) + \sum_{i=1}^k \lambda_i g_i(x)$$

gdzie: $i = 1, \dots, k$ - czynniki nieokreślone

Tym sposobem wyjściowe zadanie umownej optymalizacji sprowadza się do zadania bezwarunkowej minimalizacji funkcji Lagrange'a.

Jednak ze względu na skomplikowanie tej metody, jest niewspółmierny do uzyskanych wyników, które to można uzyskać prostszą metodą średniej geometrycznej. Według wzoru:

$$\alpha_i = \sqrt[n]{\prod_{j=0}^{n-1} a_{ij}} \quad (3)$$

a następnie normalizacji współczynników tak by spełniały:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (4)$$

Cała metoda sprowadza się do kilku obliczeń, które w banalny sposób można zaimplementować w dowolnym języku programowania. Prostota ta jest jednak obciążona tym, że wartości obliczone są przybliżone. Jednakże osiągnięty zysk obliczeniowy jest dużo większy niż poniesiona strata.

Przykład obliczeń dla opracowanej tabeli z kryteriami X, Y, Z

Tabela 6 Przykładowo wypełniona tabela wag 1

	X	Y	Z
X	1	5	7
Y	1/5	1	3
Z	1/7	1/3	1

Otrzymujemy współczynniki:

$$\alpha_X = \alpha_1 = \sqrt[3]{1 \cdot 5 \cdot 7} = 3,27107 \quad (5)$$

$$\alpha_Y = \alpha_2 = \sqrt[3]{\frac{1}{5} \cdot 1 \cdot 3} = 0,84343 \quad (6)$$

$$\alpha_Z = \alpha_3 = \sqrt[3]{\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1} = 0,36246 \quad (7)$$

Normalizujemy współczynniki poprzez dzielenie każdego z nich przez ich sumę

$$\text{nowe } \alpha_i = \frac{\alpha_i}{\sum_{k=1}^3 \alpha_k} \quad (8)$$

i otrzymujemy:

$$\alpha_X = \alpha_1 = 0,73064 \quad (9)$$

$$\alpha_Y = \alpha_2 = 0,18839 \quad (10)$$

$$\alpha_Z = \alpha_3 = 0,08096 \quad (11)$$

Dane będą wprowadzane przez jednego eksperta, aczkolwiek jest przewidziana możliwość uwzględnienia kilku ocen. Współczynniki dla każdego eksperta będą liczone osobno, a następnie uśredniane i normalizowane, by w sumie dawały wartość 1.

Np.:

Wemy tabelę wypełnioną przez innego eksperta

Tabela 7 Przykładowo wypełniona tabela wag 2

	X	Y	Z
X	1	3	5
Y	1/3	1	3
Z	1/5	1/3	1

Otrzymujemy współczynniki:

$$\alpha_x = \alpha_1 = \sqrt[3]{1 \cdot 3 \cdot 5} = 2,46621 \quad (12)$$

$$\alpha_y = \alpha_2 = \sqrt[3]{\frac{1}{3} \cdot 1 \cdot 3} = 1 \quad (13)$$

$$\alpha_z = \alpha_3 = \sqrt[3]{\frac{1}{5} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1} = 0,40548 \quad (14)$$

Normalizujemy współczynniki i otrzymujemy:

$$\alpha_x = \alpha_1 = 0,63698 \quad (15)$$

$$\alpha_y = \alpha_2 = 0,25828 \quad (16)$$

$$\alpha_z = \alpha_3 = 0,10473 \quad (17)$$

Następnie uśredniamy współczynniki, tak by uwzględnić opinie obu ekspertów:

$$\text{nowe } \alpha_i = \frac{\sum_{k=1}^m \alpha_{ik}}{m} \quad (18)$$

gdzie α_{ik} to obliczony i -ty współczynnik, k -tego eksperta, a m to ilość ekspertów.

Wobec czego po uśrednieniu mamy nowe współczynniki:

$$\alpha_x = \alpha_1 = 0,68381 \quad (19)$$

$$\alpha_y = \alpha_2 = 0,22334 \quad (20)$$

$$\alpha_z = \alpha_3 = 0,09284 \quad (21)$$

Jak widać z powyższego przykładu, opinie obu ekspertów zostały uwzględnione.

2.3.3 Budowa globalnego kryterium oceny

Po określeniu wartości i stopnia ważności kryteriów składowych możemy zacząć obliczenia globalnych kryteriów wartości nieruchomości. Można to wykonać poprzez agregację kryteriów czystych. Istnieją różne sposoby agregacji. Najczęściej wykorzystywanymi są:

kryterium addytywne:

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i \mu_i \quad (22)$$

kryterium multiplikatywne:

$$D = \prod_{i=1}^n \mu_i^{\alpha_i} \quad (23)$$

kryterium maksymalnego pesymizmu:

$$D = \min(\mu_1(x_1)^{\alpha_1}, \mu_2(x_2)^{\alpha_2}, \mu_3(x_3)^{\alpha_3}, \dots, \mu_n(x_n)^{\alpha_n}) \quad (24)$$

gdzie α_i - współczynnik wzgl. danej wagi do i-tego kryterium;
 μ_i - wartość i-tego kryterium szczegółowego;
 D - wartość kryterium globalnego.

Wartość D określa tu b.dzie subiektywną według eksperta wartość nieruchomości. Charakterystyczne powyższe kryteria: kryterium addytywne posiada pewną wadę polegającą na kompensowaniu się ocen. Może się zdarzyć sytuacja w której słabe oceny w jednym kryterium zostaną „wyrównane” przez inne bardzo wysokie. Dlatego te kryteria addytywne nie mogą być stosowane w sytuacjach zagrożenia życia, lub niewłaściwych punktach produkcji, gdy wystarczy jedno złe kryterium i już ma to drastyczny wpływ na całość oceny. Wady tej nie mają kryteria multiplikatywne i maksymalnego pesymizmu, gdyż bardzo rygorystycznie podchodzą do choćby jednej słabej oceny. Z drugiej strony może się zdarzyć, że ocena sytuacji czy projektu z powodu tylko jednej cechy spadnie niżej, niż intuicyjnie można by się domyślała. A to uniemożliwiłoby porównanie ich ocen.

W niniejszej pracy stosujemy metodę oceny przez kryterium maksymalnego pesymizmu. Jednak, aby nie oceniać zbyt nisko nieruchomości, które posiadają cechy negatywne, ucieknijmy się do wybiegu, polegającego na przedłużeniu funkcji przynależności dla kryteriów jako ciowych przez dodanie wartości niedozwolonej, a przez to również podwyższeniu minimalnej wartości. Pozwoli to na niedyskwalifikowanie nieruchomości, która posiada większość cech pozytywnych i nieliczne negatywne. Nie zachodzi tu groźba zagrożenia życia, więc można sobie pozwolić na taką operację, lecz nadal kryterium oceny będzie ostre. Jest to podejście zgodne z intuicją i zdrowym rozsądkiem.

Wobec czego funkcje przynależności będą teraz wyglądały następująco:

Lokalizacja:

Określenie:	centralna	Pośrednia	peryferyjna	wart. niedozw.
Wartość	1	0,666	0,333	0

Tabela 8 Funkcja przynależności: Lokalizacja

Siedztwo:

Określenie:	Korzystne	średnio korzystne	Niekorzystne	wart. niedozw.
Wartość	1	0,666	0,333	0

Tabela 9 Funkcja przynależności: Siedztwo

Dojazd:

Określenie:	Bardzo dobry	Dobry	Utrudniony	wart. niedozw.
Wartość	1	0,666	0,333	0

Tabela 10 Funkcja przynależności: Dojazd

Kształt:

Określenie:	Regularny	wyjątkowy	wart. niedozw.
Wartość	1	0,666	0,333

Warto	1	0,5	0
-------	---	-----	---

Tabela 11 Funkcja przynale no ci: kształt

Uzbrojenie:

Okre lenie:	Woda i elek- tryczno	Woda	brak	wart. niedo- zwolona
Warto	1	0,666	0,333	0

Tabela 12 Funkcja przynale no ci: uzbrojenie

Teraz mog nast pi obliczenia kryterium globalnego dla ka dej znanej, oraz wy-
cenianej nieruchomo ci, według wybranego wcze niej wzoru:

$$D = \min(\mu_1(\text{Lokalizacja})^{\alpha_1}, \mu_2(\text{Sasiedztwo})^{\alpha_2}, \mu_3(\text{Dojazd})^{\alpha_3}, \mu_4(\text{Kształt})^{\alpha_4}, \mu_5(\text{Uzbrojenie})^{\alpha_5}) \quad (25)$$

2.4 Określenie ceny nieruchomości

Teraz następuje właściwa część prowadząca do osiągnięcia celu, jakim jest wycena nieruchomości.

2.4.1 Porównanie kryteriów globalnych

By móc otrzymać poszukiwane ceny nieruchomości należy porównać jej znane kryteria z kryteriami podobnych do niej nieruchomości. Jako, że już zostały wyliczone kryteria globalne, należy je teraz porównać i utworzyć funkcję przynależności. Zostanie ona utworzona poprzez metodę najmniejszych kwadratów.

Metoda ta służy do wyrównywania empirycznych szeregów statystycznych, a za taki moment uznaje się przyporządkowanie: wartość kryterium globalnego nieruchomości do jej ceny. Polega ona na dopasowaniu do szeregu liczb funkcji takiej, by suma kwadratów odchyłań zaobserwowanych wartości od funkcji, była jak najmniejsza.

Za współrzędną poziomą x przyjmujemy wartość kryterium globalnego, a za pionową y cenę za 1 m² danej nieruchomości.

$$\min \left(\sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i, a, b)]^2 \right) \quad (26)$$

2.4.2 Wyliczenie współczynników funkcji przynależności kryterium globalnego

Obliczenie współczynnika a funkcji przynależności kryterium globalnego, przy czym za x podstawimy ceny nieruchomości już wycenionych, a za y wartości obliczonego kryterium globalnego dla tej nieruchomości.

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(n \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (27)$$

I podobnie obliczenie współczynnika b funkcji przynależności

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(n \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (28)$$

Współczynniki te b dziemy podstawiamy do zwykłego równania funkcji liniowej

$$y = ax + b \quad (29)$$

gdzie y to wartość funkcji według wskazań eksperta, a x to cena nieruchomości.

2.4.3 Wyliczenie ceny nieruchomości poszukiwanej

Podstawiamy wyliczone przed chwilą współczynniki a i b (równania 27 i 28) funkcji przynależności do kryterium globalnego, oraz wartość kryterium globalnego D nieruchomości wycenianej, oraz poszukiwaną cenę nieruchomości C_1 .

$$D = aC_1 + b \quad (30)$$

I w końcu po przekształceniu otrzymujemy:

$$C_1 = \frac{D - b}{a} \quad (31)$$

3 Implementacja

Implementacja aplikacji została utworzona by mo liwa była obsługa programu przez przeglądarkę WWW. Sama aplikacja została napisana w języku PHP, przy zastosowaniu bazy danych MySQL.

Takie podejście umożliwia proste korzystanie z aplikacji bez instalacji dodatkowego oprogramowania i szkoleń. Co równie ważne jest możliwość korzystania z wyceny, oraz uzupełnianie bazy wiedzy przez wiele osób jednocześnie, ze względu na brak ograniczeń w ilości osób mogących jednocześnie korzystać z programu.

Kolejną zaletą jest, że podejście takie nie wymaga inwestycji w zakup środowiska programistycznego, ze względu na fakt iż oprogramowanie to jest dostępne bezpłatnie. Nie wymagany jest też konkretny system operacyjny, a tylko przeglądarka internetowa

3.1 Wymagania sprzętowe i programowe aplikacji

W wersji jednostanowiskowej:

- Dowolny komputer na którym można zainstalować i sprawnie korzystać z:
 - o Serwer stron WWW
 - o Interpreter poleceń języka PHP
 - o Bazy danych MySQL
- Dowolny system operacyjny umożliwiający pracę powyższych aplikacji
- Przeglądarka internetowa z obsługą cookies

Zalecane rozszereżone minimum to: Procesor 500MHz, 128RAM, dysk twardy 2GB

W wersji wielostanowiskowej:

Dla komputera serwera wymagania jak wyżej plus:

- Dla pracy lokalnej:
 - o Sieć lokalna obsługująca protokół TCP/IP
- Dla pracy globalnej
 - o Zewnętrzny nr IP lub adres WWW.

Dla stanowisk klienckich:

- Dowolny komputer z działającą przeglądarką internetową z obsługą cookies:
- Dla pracy lokalnej:
 - o Podłączenie do sieci lokalnej w której pracuje serwer z aplikacją
- Dla pracy globalnej
 - o Dostęp do internetu

Zalecane rozszereżone minimum to: Procesor 200MHz, 32RAM, dysk twardy 0,5GB

Działanie aplikacji był testowane na komputerach:

Jednostanowiskowy: Athlon 1GHz, 512MB RAM, 60GB HDD, System operacyjny Windows XP, Serwer WWW Apache 1.3.27, PHP 4.3.2 RC1, MySQL 3.23.55

oraz:

Serwer: Pentium II 266MHz, 128MB RAM, 9GB HDD, System operacyjny Linux Debian 2.0 R1, Serwer WWW Apache 1.3.27, PHP 4.3.2 RC1, MySQL 3.23.55, łączenie 1Mbps

Klient: jak wyżej

W obu przypadkach praca była szybka i sprawna. W przypadku z pracy z serwerem szybko zależy jedynie od szybkości łącza internetowego.

3.2 Funkcje programu

3.2.1 Interfejs użytkownika

Interfejs użytkownika jest oparty na przeglądarce WWW.

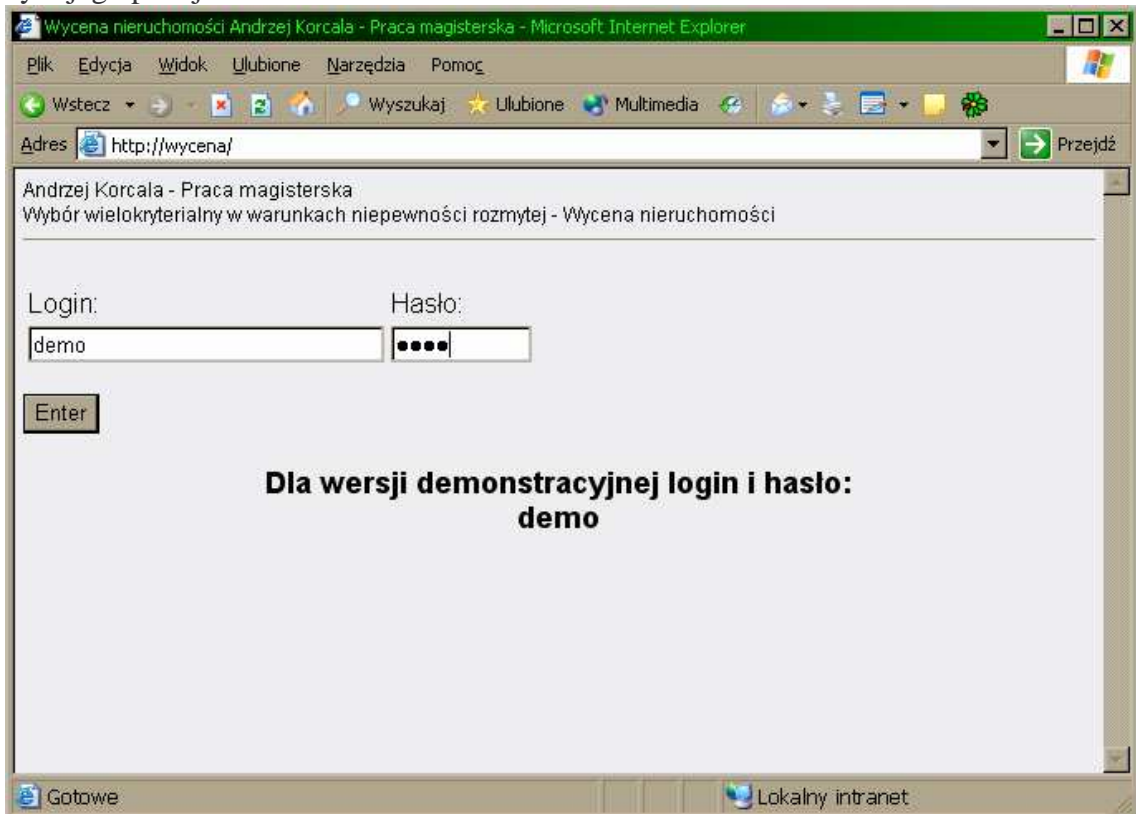
Menu bieżące pojawiało się po wczytaniu strony WWW aplikacji.

Beżowe umowienia :

- Przy starcie
 - Zalogowanie się do systemu
- Po zalogowaniu,
 - Krótki opis metody wyceny nieruchomości
 - Zmiana ustawień bazy danych
 - Zarządzanie danymi nieruchomości
 - Dodanie nowych nieruchomości do bazy
 - Dodanie nowej nieruchomości do wyceny
 - Wycena nieruchomości
 - Odczyt i zapis bazy nieruchomości i kryteriów do pliku

3.2.2 Zalogowanie się do systemu

Logowanie się do aplikacji oparte jest na mechanizmie cookies. Plik z użytkownikami znajduje się na serwerze. Hasła zakodowane są algorytmem md5 uniemożliwiający jego podejrzenie.



Rysunek 2 Ekran powitalny

3.2.3 Opis metody wyceny nieruchomości

W tym miejscu skrótowo opisana jest metoda wyceny nieruchomości opartej o wybór wielokryterialny w warunkach niepewności rozmytej.

3.2.4 Zmiana ustawień bazy danych

Po uruchomieniu tej opcji jest możliwa zmiana danych potrzebnych do połączenia się z bazą danych

Przy pierwszym uruchomieniu, wejście w opcję ustawień powoduje automatyczne utworzenie potrzebnych do pracy tabel 'spis_tabel', 'spis_kryteriow', 'spis_przedzialow'. W prezentowanej wersji również automatycznie zostaje utworzona baza danych z prezentowanego przykładu.

3.2.5 Zarządzanie danymi nieruchomości

Ta opcja menu umożliwia:

- Edycja danych nieruchomości
- Dodanie danych o nieruchomościach

Menu widoczne na załączonym Rysunku 3

W tabeli 'spis_tabel' będzie przechowywana informacja o wszystkich zbiorach danych. Będzie się w niej znajdowały:

- § identyfikator (automatycznie związany),
- § opis tabeli
- § login osoby tworzącej konkretną tabelę.

Nazwy tabeli będą tworzone automatycznie na podstawie identyfikatora tabeli. Np.: dla identyfikatora 34, nazwa tabeli będzie N34, pozwoli to na łatwe zapanowanie nad bazą i automatyzację tworzenia.

Oczywiście cała mechanika tworzenia tabel jest zasłonięta interfejsem umożliwiającym w łatwy sposób utworzyć dowolne tabele. Same tabele z danymi nieruchomości będą tworzone według następującego wzoru:

- Stworzenie opisu kryterium w osobnej tabeli 'spis_kryteriow'
 - § Identyfikator kryterium (automatycznie związany)
 - § Identyfikator tabeli
 - § Opis kryterium
 - § Czy to kryterium jakościowe
- Utworzenie tabeli z danymi nieruchomości, automatycznie według wzoru:
 - § Identyfikator nieruchomości
 - § Kryterium 1
 - § Kryterium 2
 - § ..
 - § Kryterium n
- dla każdego z kryteriów jakościowych zostaje utworzona lista wyliczeniowa zawierająca opisy słowne dla danego kryterium. Jest to niezbędne z uwagi na fakt, iż każde kryterium jest inaczej oceniane.

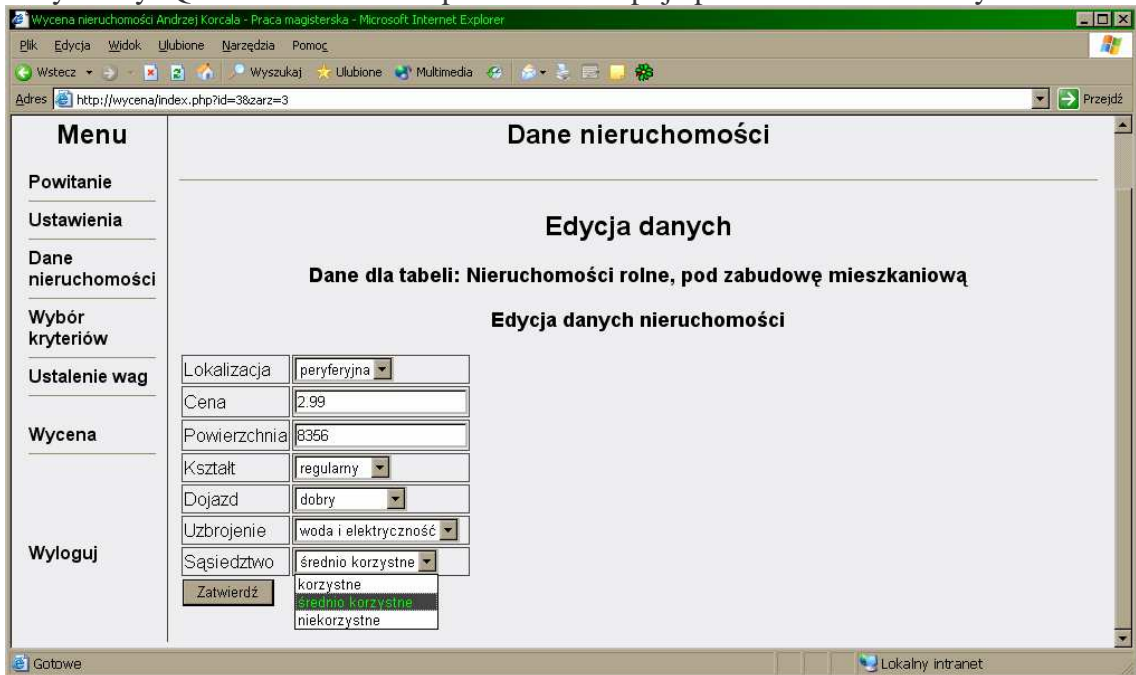
Po takim przygotowaniu tabele są gotowe do uzupełniania danych o nieruchomościach.



Rysunek 3 Wyświetlanie danych nieruchomości

Wszystkie dane znajdujące się w bazie, można w prosty sposób edytować i kasować (Rysunek 3)

Do obsługi wykorzystano standardowe funkcje języka PHP w odniesieniu do bazy danych MySQL. Standardowo na początku następuje połączenie z bazą danych

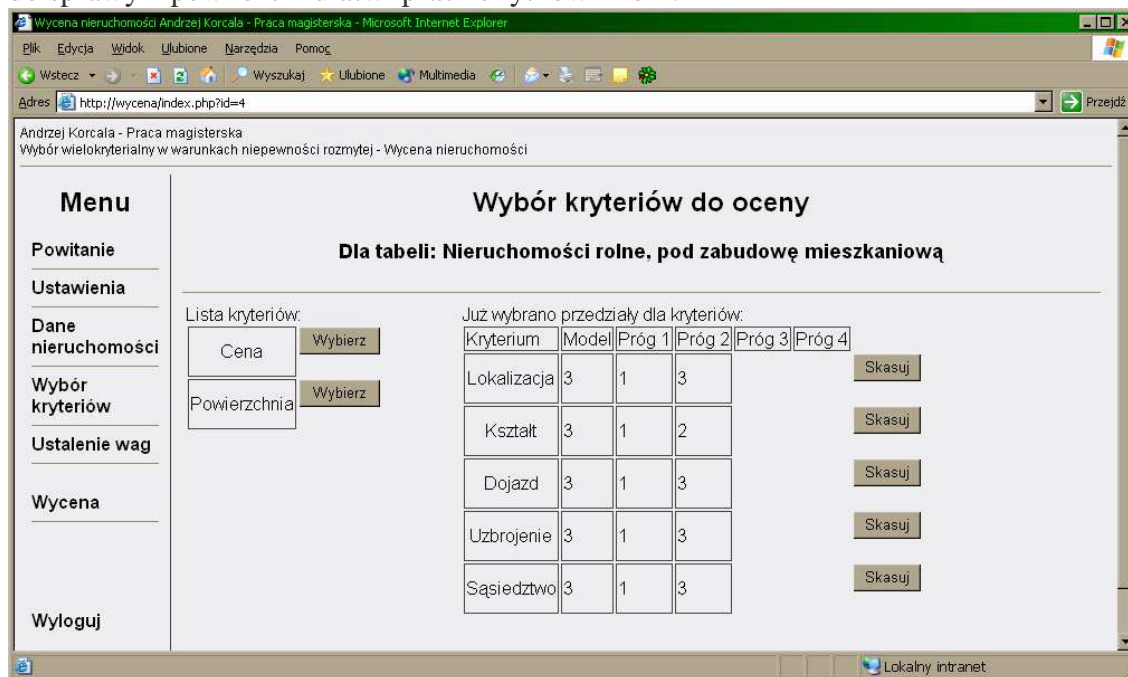


Rysunek 4 Edycja danych nieruchomości

Wersja aplikacji którą załóżysz jest wersją prezentującą jedynie możliwości systemu pod względem wyceny. Dlatego też jest ona ograniczona do jednej tabeli z jednym spisem nieruchomości, z możliwościami ich modyfikacji tj. dodawania, usuwania i edycji wpisanych już danych o nieruchomościach.

3.2.6 Utworzenie funkcji przynale no ci dla przedziałów rozmytych

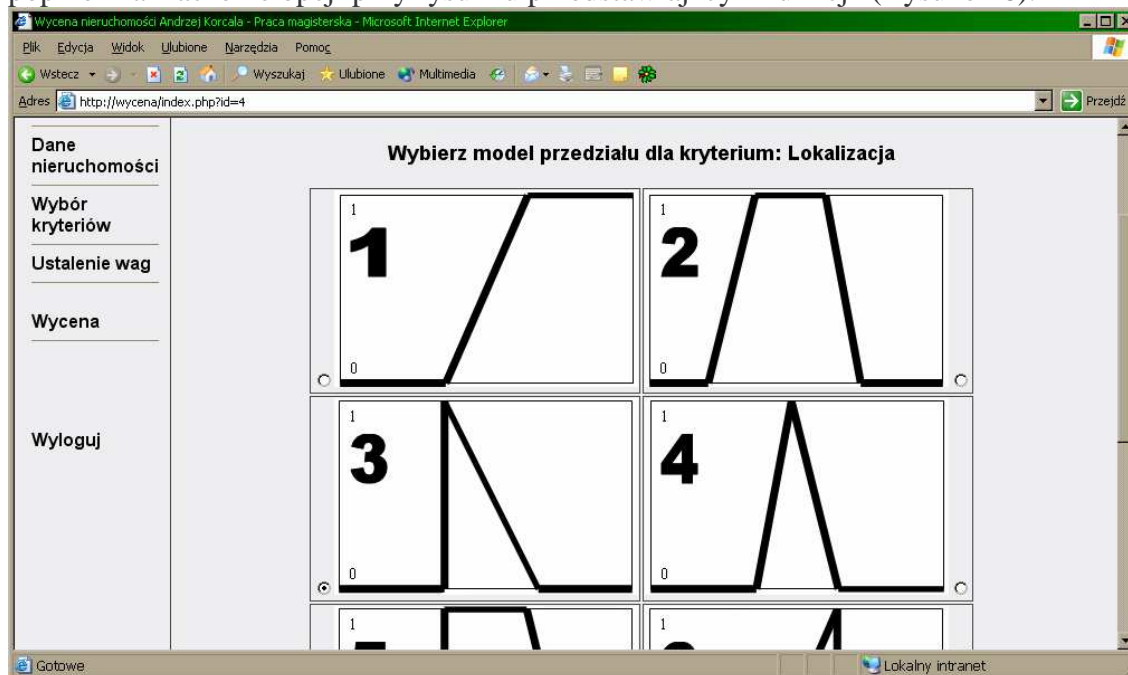
Podczas wyboru funkcji przynale no ci, u ytkownik aplikacji jest „prowadzony za r k ”. Jako, e z zało enia aplikacja ma by przeznaczona dla laików, takie podej cie do sprawy z pewno ci ułatwi prac u ytkownikom.



Rysunek 5 Wybór kryteriów do oceny

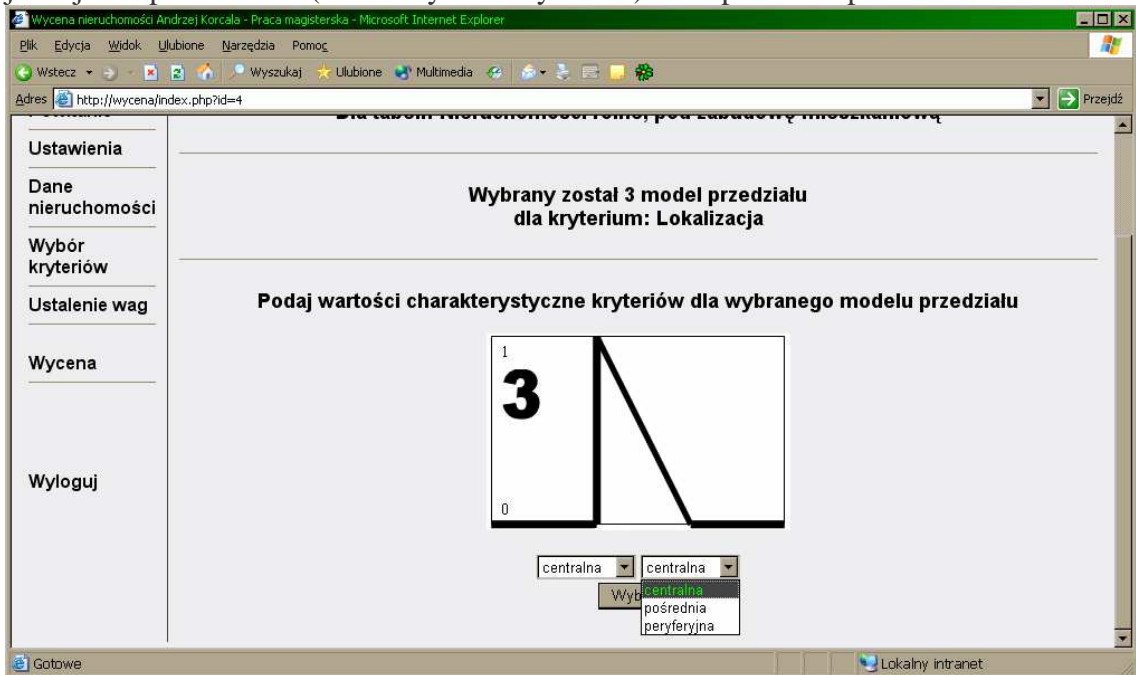
Pierwszym krokiem jest wybór kryterium. Na ekranie zostaj przedstawione wszystkie kryteria, dla wybranej tabeli, a tak e te kryteria dla których ju wybrano funkcje przynale no ci

Nast pnym krokiem jest wybór modelu funkcji przynale no ci. Mo na to zrobi poprzez zaznaczenie opcji przy rysunku przedstawiaj cym funkcj (Rysunek 6).



Rysunek 6 Wybór modelu przedziału dla kryterium

Następnie zależnie od tego czy wybrano kryterium jako ciowe czy ilościowe, pojawiają się pola combo (z listy wyboru kryteriów) bądź pola do wpisania liczb

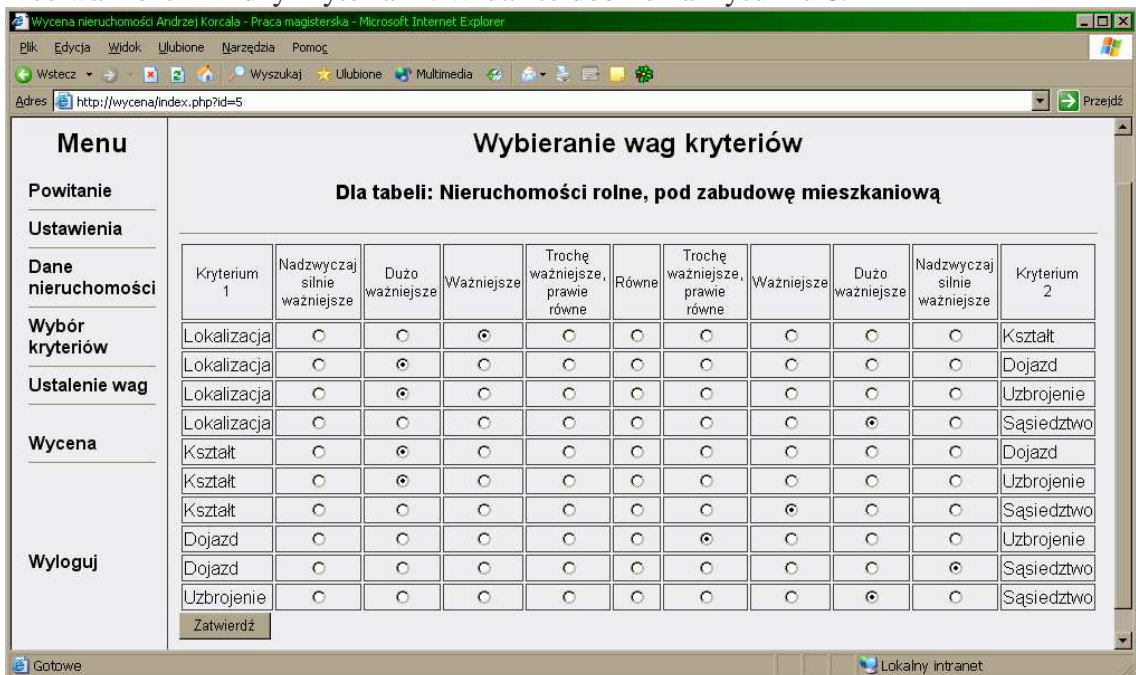


Rysunek 7 Podawanie wartości charakterystycznych kryteriów

3.2.7 Ustalenie wag

Po wybraniu kryteriów, które mają brać udział w wycenie, przechodzimy do ustalenia wag. Niestandardowo dla typowych projektów wyboru wielokryterialnego pojawia się tabela, która po obu stronach ma kryteria, a po środku skalę ważności. Generuje się ona automatycznie zależnie od ilości kryteriów. Jeśli wybranych kryteriów jest mniej niż dwa, opcja wyboru jest zablokowana.

Przedstawienie wyboru na takiej tabeli w bardziej intuicyjny sposób ukazuje różnice w ważności kryteriami. Widzieć to dobrze na Rysunku 8.



Rysunek 8 Wybór wag kryteriów

Cz kodu źródłowego odpowiedzialna za samo przeliczenie wag:

```
for($i=0; $i<$ile_kryteriow; $i++)
{
    $sql = 'SELECT ';
    for($j=0; $j<$ile_kryteriow;
    {
        $sql .= 'k'.'.$lista_id_kryteriow[$j];
        if($j != ($ile_kryteriow-1))
            $sql .= ', ';
    }
    $sql .= ' FROM spis_wag WHERE id_kryterium1 =
    "k'.'.$lista_id_kryteriow[$i]."';
    $sql_result = mysql_query($sql);
    if(!$sql_result)
        exit('Co nie tak z zapytaniem: '.$sql);
    $rekord = mysql_fetch_row($sql_result);

    $waga[$i] = $rekord[0];
    for($j=1; $j<$ile_kryteriow; $j++)
        $waga[$i] *= $rekord[$j];
    $waga[$i] = pow($waga[$i], 1/$ile_kryteriow);
}
for($i=0; $i<$ile_kryteriow; $i++)
    $suma+=$waga[$i];
for($i=0; $i<$ile_kryteriow; $i++)
    $waga[$i] = $waga[$i]/$suma;
```

Wyciągnięcie z bazy podanych przez eksperta wag

Wymnożenie i pierwiastkowanie wszystkich podanych wag kryteriów

Sumowanie i dzielenie przez sumę, dla uzyskania końcowych wartości

Obliczone wagi dla kryteriów:

Kryterium	Waga
Lokalizacja	0.24044001406467
Kształt	0.13509660552694
Dojazd	0.028046644286868
Uzbrojenie	0.045767626337963
Siedztwo	0.55064910978356

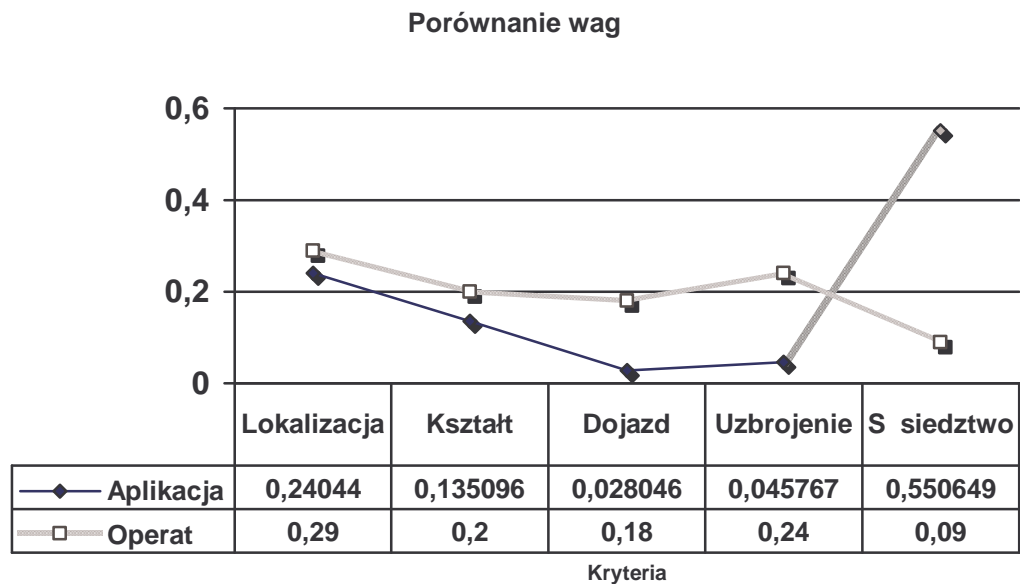
Tabela 13 Wagi wyliczone w programie

Dla porównania podam wagi przyjęte przez eksperta w tworzonym staandardowymi metodami operacie szacunkowym.

Kryterium	Waga
Lokalizacja	29%
Kształt	20%
Dojazd	18%
Uzbrojenie	24%
S siedztwo	9%

Tabela 14 Wagi eksperta w standardowym operacie szacunkowym

Jak widać na powyższych tabelach i Rysunku 9, wagi są w miarę zgodne, poza kryterium ‘S siedztwo’. Stało się tak z powodu subiektywnej oceny tej wagi przez eksperta.



Rysunek 9 Porównanie wagi eksperta

3.2.8 Wprowadzenie danych nieruchomości wycenianej

Po takich przygotowaniach można przejść do wyceny nieruchomości. By to zrobić należy podać jej wartości kryteriów. Podaje się tylko te kryteria które zostały wcześniej wybrane jako te, które mają wpływ na wartość nieruchomości.

Sam sposób podawania danych jest identyczny jak na rysunku 4.

Po wyborze, następuje konwersja wartości nieruchomości na wartości z przedziału od 0 do 1, a następnie obliczenia kryteriów globalnych dla wszystkich nieruchomości metodą agregacji najwiskszego pesymizmu. Wartości te są przechowywane w tymczasowych tabelach. Aplikacja jest zabezpieczona przed przypadkiem, gdy w bazie znajdują nieruchomości o takich samych cechach.

3.2.9 Wybór kryterium ceny

Jako, że aplikacja może sama nie rozpoznać, które z pozostałych kryteriów jest cenowe, pozostawia wybór użytkownikowi. Wyświetla się do wyboru tylko te, które nie mają wpływu na wartość nieruchomości według eksperta. W przypadku tego przykładu są to kryteria ‘Cena’ i ‘Powierzchnia’.

3.2.10 Wyliczenie ceny nieruchomości

Następnie czynności wykonywane przez aplikację jest wyliczenie współczynników a i b metodą najmniejszych kwadratów.

Wyliczone funkcje przynależności różnych wag kryteriów przedstawiam poniżej.

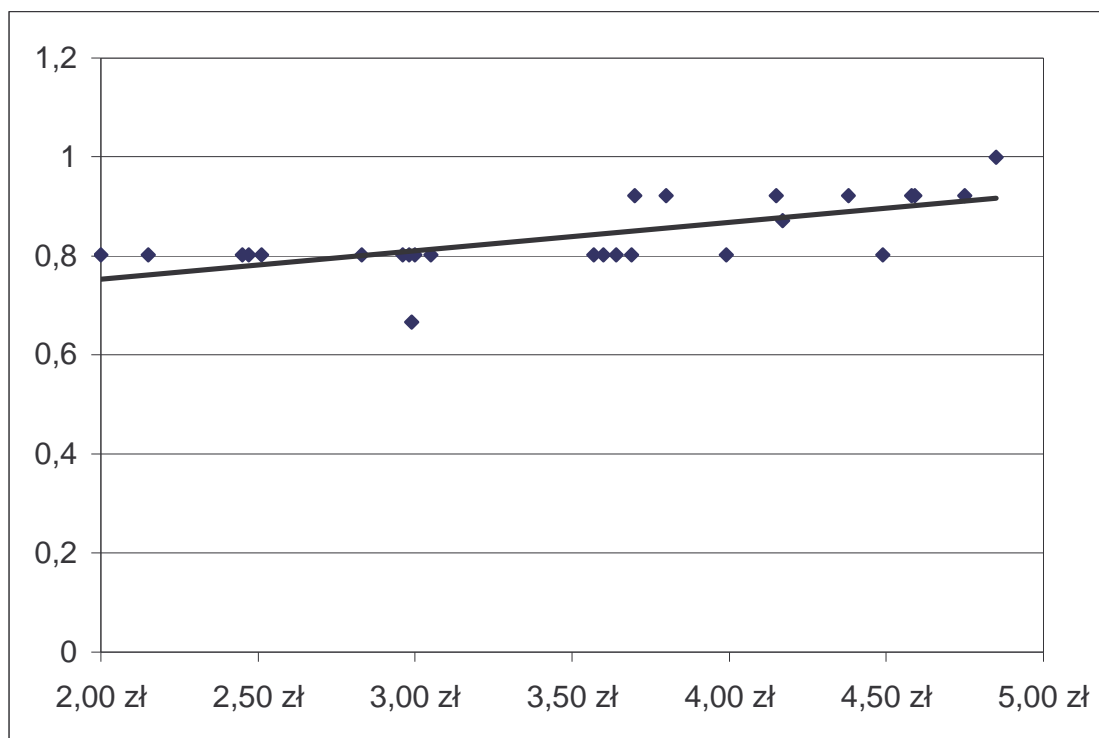


Tabela 15 Rozkład współczynników dla równych wag kryteriów

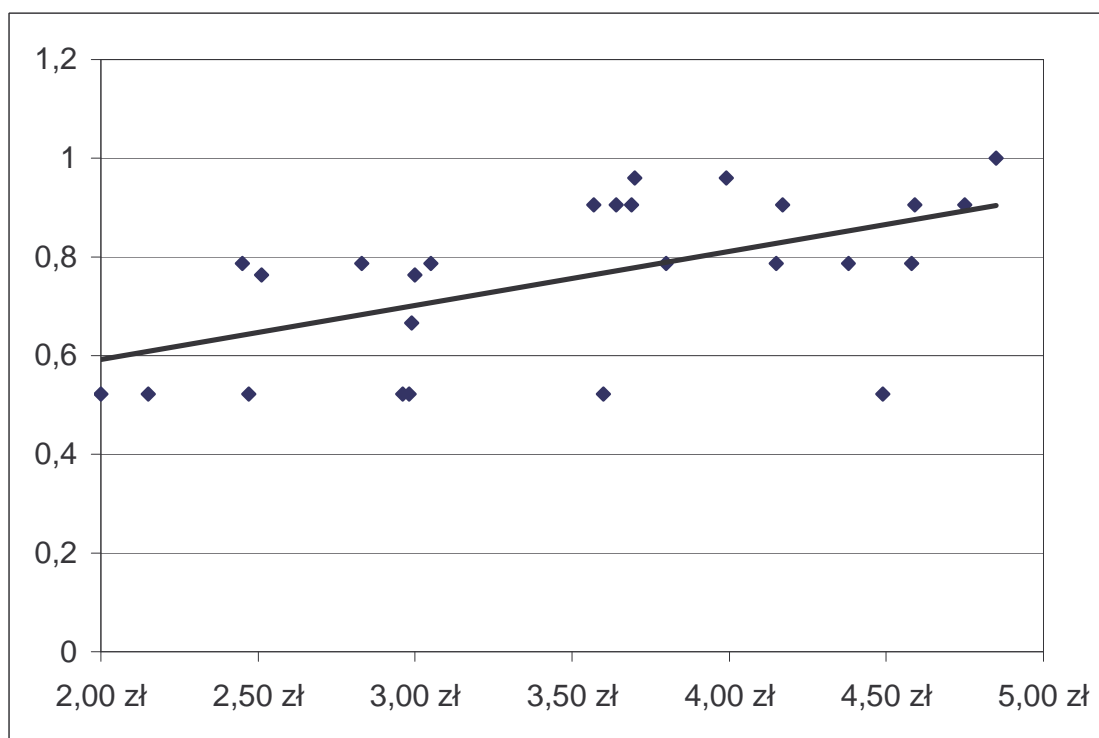


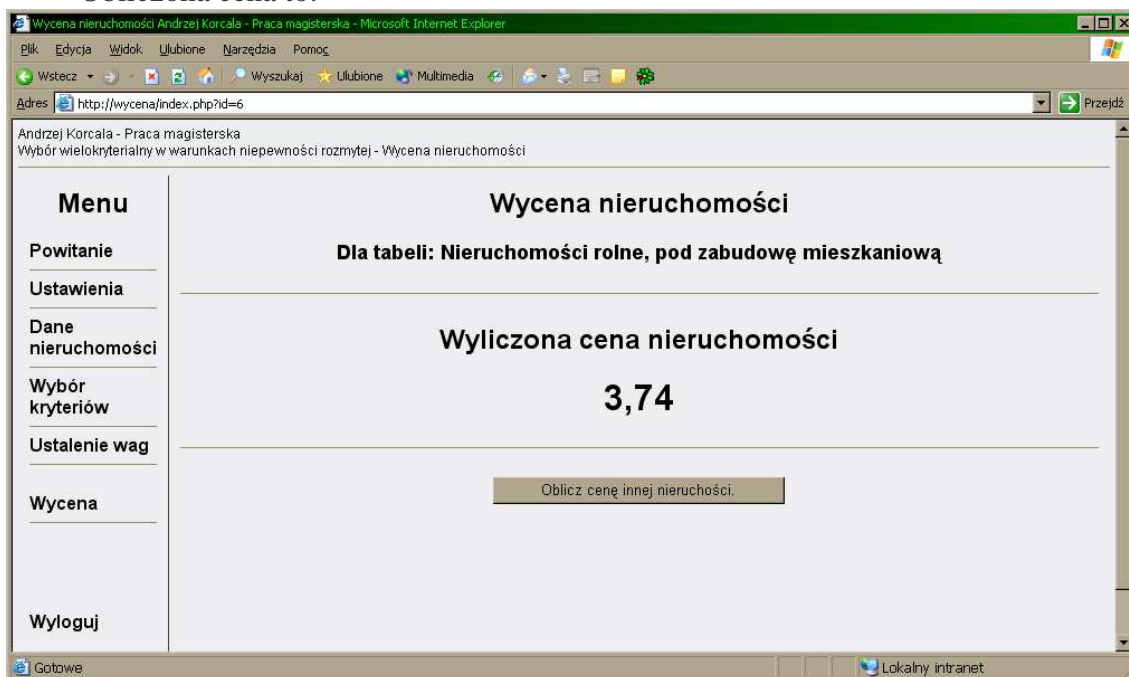
Tabela 16 Rozkład współczynników dla losowych wag kryteriów

W przykładzie wyliczonym ko cowy wynik oblicze został zrealizowany w nastuj cy sposób:

Dla nieruchomości wybranej:

- lokalizacja – centralna
- siedztwo – rednio korzystne
- dojazd – bardzo dobry
- kształt – wydłu ony
- uzbrojenie – woda i elektryczno

Obliczona cena to:



Rysunek 10 Wyliczona cena nieruchomości

W operacie szacunkowym wyliczona metod porównywania parami (brane s dwie inne nieruchomości, które si ró ni niewieloma cechami, s porównywane, a nastpnie dwie inne dla sprawdzenia wyniku) została wyliczona cena 3,66 zł. Bior c pod uwag ró nic w wagach ekspertów wynik ten jest bardzo dobry.

Rozkład warto ci kryteriów globalnych dla nieruchomości:

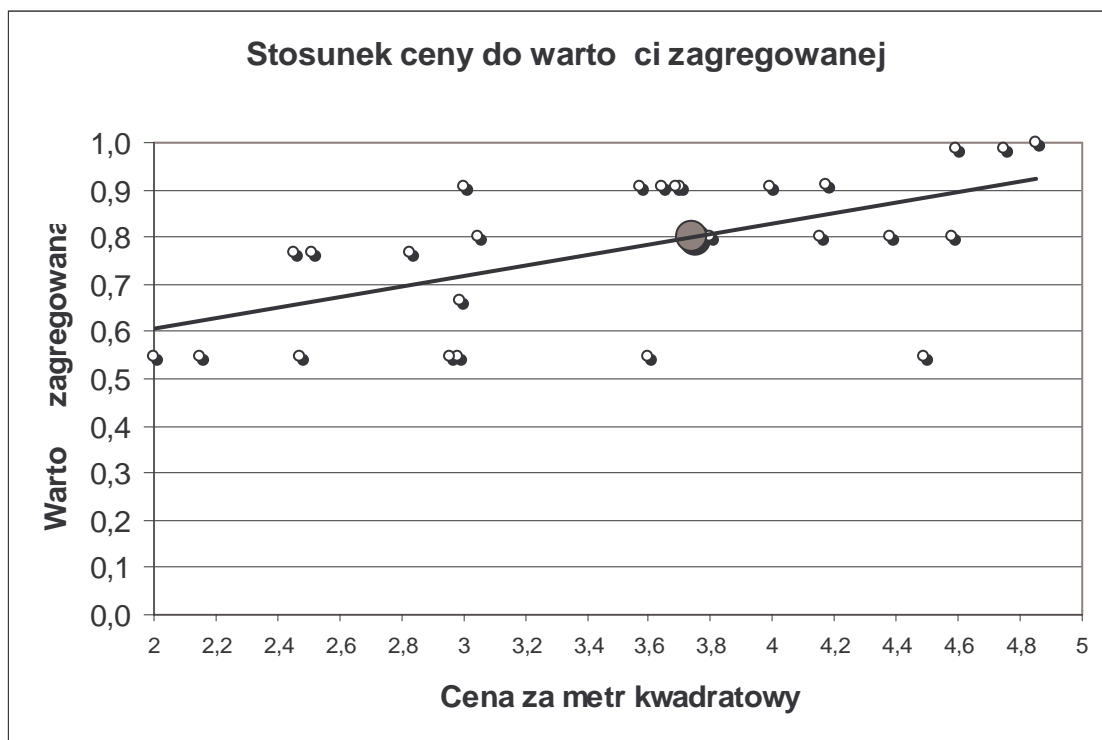
Nieruchomości porównywane	
Cena	Warto
2,99 zł	0,6667
3,80 zł	0,7999
3,00 zł	0,9071
3,99 zł	0,9071
2,51 zł	0,7679
2,98 zł	0,5461
4,49 zł	0,5461
4,17 zł	0,9106
3,57 zł	0,9071
2,15 zł	0,5461
3,60 zł	0,5461
4,85 zł	1,0000
3,70 zł	0,9071
3,64 zł	0,9071

2,47 zł	0,5461
2,00 zł	0,5461
2,96 zł	0,5461
4,75 zł	0,9887
2,83 zł	0,7679
4,38 zł	0,7999
4,59 zł	0,9887
3,05 zł	0,7999
4,15 zł	0,7999
2,45 zł	0,7679
3,69 zł	0,9071
4,58 zł	0,7999

Tabela 17 Rozkład wartości kryteriów globalnych porównywanych nieruchomości

Nieruchomość wyceniana	
Cena	Wartość
3,74 zł	0,7999

Tabela 18 Wartość kryterium globalnego nieruchomości wycenianej



4 Wnioski

Jak widać zastosowanie metody wielokryterialnej i wielopoziomowej wyceny nieruchomości w warunkach niepewności rozmytej zgodnie z oczekiwaniami dało bardzo dobry rezultat, a sama aplikacja i zastosowane narzędzia programistyczne sprawdziły się.

Przedstawiona metoda jest uniwersalna. Umożliwia ona łatwe określenie ceny lub wartości, wszędzie tam, gdzie można określić zbiór kryteriów. Uwzględnia ona nierównowagę i różnorodność kryteriów, ich hierarchiczną budowę oraz niepewność ocen ekspertów. Jest efektywna i wygodna do praktycznego stosowania.

Jedyną wadą jak udało się odnaleźć podczas prób z aplikacją, jest to, że naprawdę jest 'wielokryterialna' i przy niskiej liczbie kryteriów wyniki końcowej wyceny były czysto przypadkowe. Jednak i to jest zgodne ze zdrowym rozsądkiem, gdy trudno ocenić coś tylko z jednej strony.

Największą pracą w każdym przypadku takiej wyceny kryje się w znalezieniu i opisaniu kryteriów. Jednak i ta praca znalezienia odpowiedniej ceny, zostaje znacznie zmniejszona.

W przyszłości działania aplikacji mogą zostać rozszerzone o tworzenie rozmytych zbiorów danych wag ekspertów, utworzenie szablonów wyceny według konkretnych kryteriów, a i również zamiana wyceny nieruchomości na ocenę dowolnego przedmiotu, np. samochodu. Sam system jest elastyczny i można go swobodnie zaadaptować do niemal każdego zastosowania.

Kuszenie wydaje się połączenie metody wyboru wielokryterialnego w warunkach niepewności rozmytej z innymi niestandardowymi metodami, tak by całość procesu wyceny została zautomatyzowana. Np. sieć neuronowa rozpoznaje i opisuje kryteria, które następnie przeliczane na kryteria globalne i oceniane.

A siłą marzy przedstawienie takiemu zintegrowanemu systemowi zdjecia dziewczyny z pytaniem „Ładna? A jeśli tak to jak bardzo?”

5 Zał czniki

5.1 Podstawy prawne

- Ustawa z dnia 21 sierpnia 1997r. o gospodarce nieruchomościami (Dz. U. Nr 46, poz.543 z 2002r. – tekst jednolity z późniejszymi zmianami; Dz. U. Nr 129 poz. 1447 z 2001r.; Dz. U. Nr 154, poz. 1800 z 2001r.; Dz. U. Nr 25, poz. 253 z 2002r.),
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 7 lipca 1998r. w sprawie szczegółowych zasad wyceny nieruchomości oraz zasad i trybu sporządzania operatu szacunkowego (Dz. U. Nr 98, poz. 612 z 1998r.);
- Standardy Zawodowe Rzeczników Majtkowych wydane przez Polską Federację Stowarzyszeń Rzeczników Majtkowych, Warszawa 1995r. z późniejszymi zmianami.
- Ustawa z dnia 7 lipca 1994r. o zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. Nr 15, poz. 139 z 1999r. – tekst jednolity z późniejszymi zmianami; Dz. U. Nr 41, poz. 412 z 1999r.; Dz. U. Nr 111, poz. 1279 z 1999r.; Dz. U. Nr 12, poz. 136 z 2002r.),
- Rozporządzenie rady ministrów z dnia 27.11.2002 r. w sprawie szczegółowych zasad wyceny nieruchomości oraz zasad i trybu sporządzania operatu szacunkowego.

5.2 źródła informacji o nieruchomości i podobnych do niej nieruchomościach

- Odpis z księgi wieczystej – Sąd Rejonowy Wydział Ksiąg Wieczystych
- Rejestr gruntów miasta
- Miejscowy Plan Ogólny Zagospodarowania Przestrzennego Miasta
- Wizja lokalna wycenianej nieruchomości, oraz nieruchomości sąsiadujących z nieruchomością wycenianą
- Dane o transakcjach dotyczących sprzedaży nieruchomości gruntowych zabudowanych budynkami administracyjnymi oraz parkingami uzyskane z rynku lokalnego oraz z aktów notarialnych w Wydziale Geodezji i Gospodarki Gruntami Urzędu Miasta
- Dane prasowe dotyczące rynku nieruchomości

5.3 Przykładowa tabela z danymi podobnych nieruchomości

nr	Lokalizacja	Stan techniczny	Pow. użytkowa w m ²	Cena transakcyjna (zł)	Roczny dochód netto (zł)	Data transakcji	Współczynnik kapitalizacji W_{TK}
1	obrze a ródnie cia	dobry	5110	24590000,00	3459000,00	08.01	7,10
2	centrum	dobry	247	1344000,00	163000,00	12.01	8,24
3	centrum	dobry	13812	67250000,00	9453000,00	02.02	7,11
4	peryferia	prze- ci tny	1381	1000000,00	165700,00	05.01	6,03
5	peryferia	Pogor- szony	3520	1890000,00	316000,00	09.01	5,98
6	obrze a ródnie cia	prze- ci tny	9820	32524000,00	4923000,00	10.01	6,60

Lp.	Termin transakcji	Lokalizacja	Cena (zł/m ²)	Pow. (m ²)	Kształt	Dojazd	Uzbrojenie	Sąsiedztwo
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	XII 2001	Strefa peryferyjna	2,99	8356	Reg.	Dobry	W, E	rednio korzystne
2.	XII 2001	Strefa po rednia	3,80	5784	Reg.	Dobry	W, E	Korzystne
3.	I 2002	Strefa po rednia	3,00	3627	Reg.	Utrudn.	W	Korzystne
4.	I 2002	Strefa po rednia	3,99	6269	Reg.	B. dobry	Brak	Korzystne
5.	I 2002	Strefa peryferyjna	2,51	5571	Wydł.	Utrudn.	Brak	rednio korzystne
6.	I 2002	Strefa peryferyjna	2,98	2179	Reg.	Dobry	Brak	Niekorzystne

5.4 Ankieta wa no ci kryteriów

W tabeli proszę zaznaczyć krzyżykiem jak się ma ważność kryterium pierwszego w porównaniu do kryterium drugiego.

Zaznacz po lewej od środka, jeśli ważniejsze jest kryterium po lewej i odwrotnie jeśli po prawej.

Kryterium 1	Hierarchia ważności									Kryterium 2
	Nadzwyczaj silnie ważniejsze	Dużo ważniejsze	Ważniejsze	Trochę ważniejsze, prawie równe	Równie ważne	Trochę ważniejsze, prawie równe	Ważniejsze	Dużo ważniejsze	Nadzwyczaj silnie ważniejsze	
Lokalizacja										Kształt
Lokalizacja										Dojazd
Lokalizacja										Uzbrojenie
Lokalizacja										Sąsiedztwo
Kształt										Dojazd
Kształt										Uzbrojenie
Kształt										Sąsiedztwo
Dojazd										Uzbrojenie
Dojazd										Sąsiedztwo
Uzbrojenie										Sąsiedztwo

Legenda:

- **Lokalizacja** – określa położenie nieruchomości względem centrum administracyjnego, handlowego, sklepów, miejsc użyteczności publicznej
- **Sąsiedztwo** – określa najbliższe otoczenie, odległość od miejsc mogących zakłócić spokój
- **Dojazd** – określa bliskość do głównych arterii komunikacyjnych, drogę dojazdową, możliwość korzystania z komunikacji publicznej
- **Kształt** – określa rozplanowanie powierzchni nieruchomości
- **Uzbrojenie** – określa istnienie uzbrojenia terenu w elektryczność i wodę

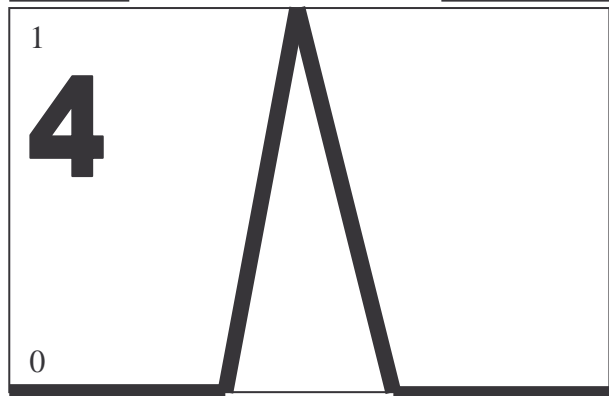
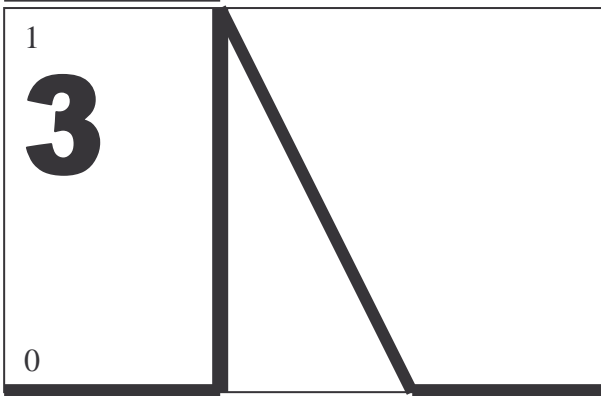
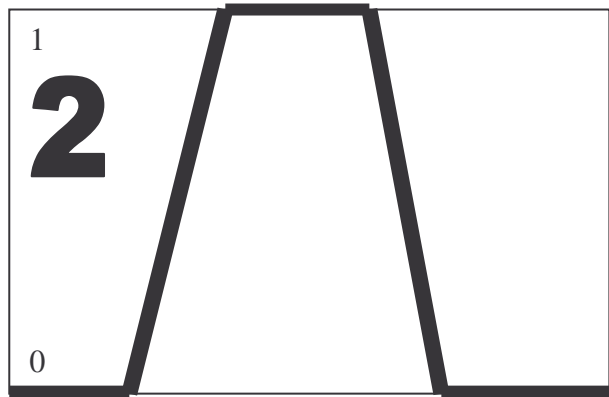
5.5 Wypełniona przez eksperta ankieta wa no ci kryteriów

Kryterium 1	Hierarchia ważności									Kryterium 2
	Nadzwyczaj silnie ważniejsze	Dużo ważniejsze	Ważniejsze	Trochę ważniejsze, prawie równe	Równie ważne	Trochę ważniejsze, prawie równe	Ważniejsze	Dużo ważniejsze	Nadzwyczaj silnie ważniejsze	
Lokalizacja			x							Kształt
Lokalizacja		x								Dojazd
Lokalizacja		x								Uzbrojenie
Lokalizacja								x		Sąsiedztwo
Kształt		x								Dojazd
Kształt		x								Uzbrojenie
Kształt							x			Sąsiedztwo
Dojazd						x				Uzbrojenie
Dojazd									x	Sąsiedztwo
Uzbrojenie								x		Sąsiedztwo

5.6 Tabela nieruchomości wykorzystana w pracy

Lp.	Termin transakcji	Lokalizacja	Cena (zł/m ²)	Pow. (m ²)	Kształt	Dojazd	Uzbrojenie	S siedztwo
1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	XII 2001	Strefa peryferyjna	2,99	8356	Regularny	Dobry	W, E	rednio korzystne
3	XII 2001	Strefa po rednia	3,80	5784	Regularny	Dobry	W, E	Korzystne
4	I 2002	Strefa po rednia	3,00	3627	Regularny	Utrudniony	W	Korzystne
5	I 2002	Strefa po rednia	3,99	6269	Regularny	B. dobry	Brak	Korzystne
6	I 2002	Strefa peryferyjna	2,51	5571	Wydłużony	Utrudniony	Brak	rednio korzystne
7	I 2002	Strefa peryferyjna	2,98	2179	Regularny	Dobry	Brak	Niekorzystne
8	II 2002	Strefa centralna	4,49	8037	Regularny	B. dobry	W, E	Korzystne
9	II 2002	Strefa centralna	4,17	7595	Wydłużony	Dobry	W, E	Korzystne
10	II 2002	Strefa po rednia	3,57	4135	Regularny	Dobry	Brak	Korzystne
11	II 2002	Strefa peryferyjna	2,15	5447	Regularny	Dobry	Brak	Niekorzystne
12	II 2002	Strefa po rednia	3,60	3375	Regularny	Dobry	Brak	Korzystne
13	II 2002	Strefa centralna	4,85	4851	Regularny	B. dobry	W, E	Korzystne
14	III 2002	Strefa po rednia	3,70	5790	Regularny	B. dobry	W	Korzystne
15	III 2002	Strefa po rednia	3,64	5753	Regularny	Dobry	Brak	Korzystne
16	III 2002	Strefa peryferyjna	2,47	3780	Regularny	Dobry	Brak	Niekorzystne
17	III 2002	Strefa peryferyjna	2,00	4959	Wydłużony	Dobry	Brak	Niekorzystne
18	III 2002	Strefa peryferyjna	2,96	4327	Regularny	Dobry	Brak	Korzystne
19	III 2002	Strefa centralna	4,75	7216	Regularny	Dobry	W, E	Korzystne
20	III 2002	Strefa peryferyjna	2,83	8045	Regularny	Dobry	Brak	rednio korzystne
21	III 2002	Strefa centralna	4,38	3912	Regularny	Dobry	W	Korzystne
22	IV 2002	Strefa centralna	4,59	4121	Regularny	Dobry	W, E	Korzystne
23	IV 2002	Strefa po rednia	3,05	8325	Wydłużony	Dobry	Brak	rednio korzystne
24	IV 2002	Strefa centralna	4,15	8437	Regularny	Dobry	W, E	rednio korzystne
25	V 2002	Strefa peryferyjna	2,45	5294	Regularny	Dobry	Brak	Korzystne
26	V 2002	Strefa po rednia	3,69	4975	Regularny	Dobry	Brak	Korzystne
27	V 2002	Strefa centralna	4,58	6056	Regularny	B. dobry	W, E	rednio korzystne

5.7 Rodzaje funkcji przynale no ci



6 Bibliografia

- [1] Dubois D., Prade H., Operations on fuzzy numbers, *International Journal System Science*, 1978, vol. 9, s. 613-626.
- [2] Yager R., Filev D., (1994) *Essentials of Fuzzy Modeling and Control/* John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Kaufmann A., Gupta M. *Introduction to fuzzy arithmetic-theory and applications.* - New York: Van Nostrand Reinhold, 1985. – 349 p.
- [4] Moore R.E. *Interval analysis.* - Englewood Cliffs. N.J.: Prentice-Hall, 1966, 250 p.
- [5] Markov S.M. A non-standart substraction of intervals. - *Serdica*, 1977, v.3, p. 359-370.
- [6] Hansen E. A generalized interval arithmetic.- in: *Interval Mathematics/* Ed. by K.Nickel. *Lecture Notes in Computer Science*, 29. Berlin - Heidelberg: Springer-Verl., 1975, p. 7-18.
- [7] Sendov B. Some topics of segment analysis. - in: *Interval Mathematics*, 1980/ Ed. by K.Nickel. N.Y.e.a.: Academic Press, 1980, p 203-222.
- [8] Caprani O., Madsen K. Mean value forms in interval analysis. - *Computing*, 1980, v.25, N 2, p. 147-154.
- [9] Martin Litoiu, Roberto Tadei «Real-time task scheduling with fuzzy deadlines and processing times», *Fuzzy Sets and Systems* 117 (2001) 35-45.
- [10] Xuzhu Wang, Etienne E. Kerre «Reasonable properties for the ordering of fuzzy quantities (I)», *Fuzzy Sets and Systems* 118 (2001) 375-385.
- [11] Xuzhu Wang, Etienne E. Kerre «Reasonable properties for the ordering of fuzzy quantities (II)», *Fuzzy Sets and Systems* 118 (2001) 387-405.
- [12] Menahem Friedman, Marlow Henne, Abraham Kendel „Most typical values for fuzzy sets” *Fuzzy Sets and Systems* 87 (1997) 27-37.
- [13] D. Dubois, H. Prade, Ranking fuzzy numbers in the setting of possibility theory, *Inform. Sci.* 30 (1983) 183-224.
- [14] J. M. Adamo „Fuzzy decision trees, *Fuzzy Sets and Systems* 4 (1980) 207-219
- [15] R. R. Yager, Ranking fuzzy subsets over the unit interval, *Proc. CDC* (1978) 1435-1437.
- [16] R. R. Yager, On choosing between fuzzy subsets, *Kybernetes* 9 (1980) 151-154
- [17] R. R. Yager, A procedure for ordering fuzzy sets of the unit interval, *Inform. Sci.* 24 (1981) 143-161.
- [18] W. Chang, Ranking of fuzzy utilities with triangular membership functions, *Proceedings of International Conference on Policy Analysis and Systems*, 1981, pp. 263-272.
- [19] L. Campos, A. Munoz, A subjective approach for ranking fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems* 29 (1989) 145-153.
- [20] T. Liou, J. Wang, Ranking fuzzy numbers with integral values, *Fuzzy Sets and Systems* 50 (1992) 247-255.
- [21] F. Choobineh, H. Li, An index for ordering fuzzy numbers, *fuzzy Sets and Systems* 54 (1993) 287-294.
- [22] P. Fortemps, M. Roubens, Ranking and defuzzification methods based on area compensation, *Fuzzy Sets and Systems* (1996) 319-330.
- [23] R. Jain, A procedure for multiple-aspect decision making using fuzzy set, *Internat. J. Systems Sci.* 8 (1977) 1-7.

- [24] R. Jain, Decision making in the presence of fuzzy variables, *IEEE Trans. Systems Man Cybernet. SMC-6* (1976) 698-703.
- [25] E. Kerre, The use of fuzzy set theory in electrocardiological diagnostics, in: M. M. Gupta, E. Sanchez (Eds.), *Approximation Reasoning in Decision-Analysis*, North-Holland, Amsterdam 1982, pp. 277-282.
- [26] S. Chen, Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set, *Fuzzy Sets and Systems* 17 (1985) 113-129.
- [27] X. Wang, A class of approaches to ordering alternatives, MSc Thesis, Taiyuan University of Technology, 1987 (in Chinese).
- [28] K. Kim, K. S. Park, Ranking fuzzy numbers with index of optimism, *Fuzzy Sets and Systems* 35 (1990) 143-150.
- [29] S. M. Baas, H. Kwakernaak, Rating and ranking of multiple-aspect alternatives using fuzzy sets, *Automatica* 13 (1977) 47-58.
- [30] J. F. Baldwin, N. C. F. Guldin, Comparison of fuzzy sets on the same decision space, *Fuzzy Sets and Systems* 2 (1979) 213-231.
- [31] K. Nakamura, Preference relations on a set of fuzzy utilities as a basis of decision making, *Fuzzy Sets and Systems* 20 (1986) 147-162.
- [32] W. Kolodziejczyk, Orlovsky's concept of decision-making with fuzzy preference relation – further results. *Fuzzy Sets and Systems* 19 (1990) 197-212.
- [33] M. Delgado, J. L. Verdegay, M. A. Vila, A procedure for ranking fuzzy numbers, *Fuzzy Sets and Systems* 26 (1988) 49-62.
- [34] Y. Yuan, Criteria for evaluating fuzzy ranking methods, *Fuzzy Sets and Systems* 43 (1991) 139-157.
- [35] J. J. Saade, H. Schwarclander, Ordering fuzzy sets over the real line: an approach based on decision making under uncertainty, *Fuzzy Sets and Systems* 50 (1992) 237-246.
- [36] Jee-Hyong Lee, Hyung Lee-Kwang, Comparison of fuzzy values on a continuous domain, *Fuzzy Sets and Systems* 118 (2001) 419-428.
- [37] K. M. Lee, C. H. Cho, H. Lee-Kwang, Ranking fuzzy values with satisfaction function, *Fuzzy Sets and Systems* 64 (1994) 295-309.
- [38] Mohammad Modarres, Soheil Sadi-Nezhad, Ranking fuzzy numbers by preference ratio, *Fuzzy Sets and Systems* 118 (2001) 429-436
- [39] B. Matarazzo, G. Munda, New approaches for the comparison of L-R fuzzy numbers: a theoretical and operational analysis, *Fuzzy Sets and Systems* 118 (2001) 407-418.
- [40] Fit R.-J. Propagating temporal constraints for scheduling. *Proc. Fifth National Conf. on AI (AAAI-86)*, 383-388. Morgan Kaufmann, Los Angeles, CA 1986.
- [41] Berttini C. A formalization of interval based temporal subsumption in first order logic. In : *Foundation of Knowledge Representation and Reasoning*, 53-73. *Lect. Notes in AI*, 810. Springer Verlag, Berlin 1994.
- [42] Kulpa Z. (1997) "Diagrammatic representation for a space of intervals". *Machine Graphics and Vision* 6 no. 1, pp. 5-24.
- [43] Diamond Ph. Kloeden P. Metric spaces of fuzzy sets. *Fuzzy sets and Systems* 35, 1990, pp. 241-251.
- [44] Helpert S. Using distance between fuzzy numbers in socio-economic systems. In R. Trapl (Ed.) *Cybernetic and Systems*, 1994, World Scientific, Singapore, 1994, pp. 279-286.
- [45] Helpert S. (1997) "Representation and application of fuzzy numbers". *Fuzzy sets and Systems* 91, pp. 259-268.

- [46] Ishihichi H., Tanaka M. (1990). "Multiobjective programming in optimization of the Interval Objective Function". *European Journal of Operational Research* 48, p. 219-225.
- [47] Chanas S., Kuchta D. (1996). „Multiobjective Programming in optimization of the Interval Objective Functions- a generalized approach”. *European Journal of Operational Research* 94, p. 594-598.
- [48] Walster G.W. , Bierman M.S. Inmterval Arithmetic in Forte Developer Fortran. Technical Report, Sun Mikrosystems. March 2000.
- [49] М.Пешель Моделирование сигналов и систем М. «Мир» 1981г. 300.с., Р. Шеннон Имитационное моделирование систем - искусство и наука.- М.: «Мир» 1978г. 415с.
- [50] Н.Н. Моисеев Математические задачи системного анализа.- М. «Наука» 1981г. 488с.
- [51] Б.В. Немчинов В.М. Шнайрман Агрегативная модель региональной водохозяйственной системы//Теория сложных систем и методы их моделирования. М.: ВНИИСИ, 1983г. с. 113-124.
- [52] Е.Ф. Аврамчук, А.А. Вавилов, С.В. Емельянов и др. Технология системного моделирования - М.: Машиностроение, 1988г. 520 с.
- [53] Матричное моделирование во внутрипроизводственных экономических моделях на государственных моделях производственного транспорта в период развития рыночного механизма. Васильев С.А.; НИИ комплекс. трансп. пробл. - М. 1993 – 12.
- [54] Нормирование труда рабочих основного производства Хайрабадского хлопкозавода на базе экономико-математического моделирования. Акильбеов Т.А., Марданов Ж.Р., Темиров Х.А.; Ташк. ин-т текстил. и легк. пром-ти. - Ташкент, 1992. 13 с.
- [55] L. A. Zadeh, Theory of fuzzy sets, Memo. No. UCB/ERL M77/1, University of California, Berkeley, CA (1977).
- [56] L. A. Zadeh, Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility, *Fuzzy Sets and Systems* 1 (1978) 3-28.
- [57] Luc Jaulin, Michel Kieffer, Olivier Didrit, Eric Walter, *Applied interval analysis*, Springer-Verlag London 2001.
- [58] Slany W. Scheduling as a multiple criteria optimization problems, *Fuzzy Sets and Systems*, 78 (1996), 197-222..
- [59] McCanon A.S., Lee E.S., Fuzzy job sequencing for a flow shop, *European J. Oper. Res.* 62 (1992) 294-301.
- [60] Ishibuch H., Murata T., Lee K.H. Formulation of fuzzy low-shop scheduling problems with fuzzy processing time. *Proc. Fifth IEEE Internat. Conf on Fuzzy Systems*, 1996, pp. 199-206.
- [61] Litoiu M., Tadei R., Real time task scheduling allowing fuzzy deadlines, *European J. Oper. Res.* 100 (1997) 475-481.
- [62] Litoiu M., Tadei R., Fuzzy scheduling with application to real time systems, *Fuzzy Sets and Systems*, 121 (2001), 523-535.
- [63] Chantrapornchai C., Tongsimma E., Sa H.-M., Imprecise task schedule optimization, *Proc. Sixth IEEE Internat. Conf on Fuzzy Systems*, 1997, pp. 1265-1270.
- [64] Fortemps Ph., Job shop scheduling with imprecise durations: a fuzzy approach, *IEEE Trans. Fuzzy systems* 5 (4) (1997) 557-569.
- [65] Zhao Z. Y., Souza R. De., Fuzzy rule learning during simulation of manufacturing resources, *Fuzzy Sets and Systems*, 122 (2001), 469-485.

- [66] Moller D. P.F. , Fuzzy Logic in discrete modeling and simulation in medical applications, Proc. Summer Comp. Simulation Intrnat. Conf., 2000, pp. 125-130.
- [67] Sakawa M., Nishizaki I., Uemura Y. Fuzzy programming and profit and cost allocation for a product and transportation problem, European J. Oper. Res. 131 (1) (2001) 1-15.
- [68] Wang R.-C., Fang H.-H., Aggregate production planning with multiple objectives in a fuzzy environment, European J. Oper. Res. 133(3)(2001)521-536.
- [69] Tur J. M. M, Garrido R. M. H., Fuzzy Inductive Reasoning Model-based Fault Detection Applied to a Commercial Aircraft, Modeling and Simulation, 75 (4) (2000)188-198.
- [70] Dubois D., Prade H. Fuzzy sets and systems. Theory and applications. – New York: Asad. Press, 1980. XVIII. – 344 p.
- [71] Tanaka Hideo, Asai Kiyaii. Fuzzy linear programming based on fuzzy functions //Bull. Univ. Osaka Prefect. – 1980. – Vol. 29. – № 2. – P. 113 – 125.
- [72] Негойце К. Применение теории систем к проблемам управления. – М.: М р, 1981. – 180 с.
- [73] Борисов А.Н. Анализ решений и теория нечетких множеств // Методы и системы принятия решений. Методы и модели анализа решений. – Рига, 1981. - С. 5 – 10.
- [74] Negoita C. The carrent interest in fuzzy optimization //Fuzzy Sets and Systems. – 1981. - Vol. 6. - № 3. - P. 261 – 269.
- [75] Hannan E. Linear programming with multiple fuzzy goals //Fuzzy Sets and Systems. – 1981. - Vol. 6. - № 3. - P. 235 – 489.
- [76] Борисов А.Н., Попов В.А. Один класс задач многокритериальной оптимизации при лингвистическом задании критериев //Методы и модели управления и контроля. – Рига, 1979. - С. 56 – 61.
- [77] Блишун А.Ф., Шапиро Д.И. Принятие решений на основе лингвистического представления ситуационных данных и критериев //Изв. АН СССР. Т хническая кибернетика. – 1981. - № 5. – С. 212 – 217.
- [78] Борисов А.Н., Корнеева Г.В. Лингвистический подход к построению моделей принятия решений в условиях неопределенности //Методы принятия решений в условиях неопределенности.–Рига, 1980.- № 7. - С. 4–11.
- [79] Tong R., Bonissone P. A linguistic approach to decision-making with fuzzy sets //IEEE Trans. Syst. Mang. and Cybern.–1980. – Vol. 10.–№ 11. – P. 716 – 723.
- [80] Язенин А.В. Задача векторной оптимизации с нечеткими коэффициентами важности критериев //Математические методы оптимизации и управления в сложных системах. – Калинин, 1981. - С. 38 – 51.
- [81] Ramesh J. A procedure for multiple-aspect decision making using fuzzy sets //Int. J. Syst. Sci. – 1977. – Vol. 8. – № 1. – P. 1 – 7.
- [82] Yager R. Fuzzy decision making including unequal objectives //Fuzzy Sets and Systems. 1978. - Vol. 1. - № 2. - P. 87 – 95.
- [83] Yager R. Multiple objective decision-making using fuzzy sets //Int. J. Man-Mach. Sfid. – 1979. - Vol. 9. – № 4. – P. 375 – 382.
- [84] Борисов А.Н., Крумберг О.А. Анализ решений при выборе технологических объектов //Методы принятия решений в условиях неопределенности. – Рига, 1980. № 7. - С. 126 – 134.
- [85] Hagg C. Possibility and cost in decision analysis // Fuzzy Sets and Syst. – 1978. – Vol. 1. – № 2. – P. 81 – 86.
- [86] Yager R. Fuzzy Sets, probabilistics and decision //J. Cybern. – 1980. - V. 10. - № 1 - 3. - P.1 - 18.

- [87] Вилкас Э.Й., Майминас Е.З. Решения: теория, информация, моделирование. – М.: Радио и связь, 1981. – 328 с.
- [88] Bellman R., Zadeh L Decision-making in fuzzy environment //Management Science. - 1970. - V. 17. - P. 141 - 164.
- [89] Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной и формации. – М.: Наука, 1981. – 208 с.
- [90] Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
- [91] Новик Ф.С., Арзов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования эксперимента. – М.: Машиностроение, 1980.–304с.
- [92] Севастьянов П.В., Туманов Н.В. Многокритериальная идентификация и оптимизация технологических процессов. – Минск: Наука и техника, 1990. – 224 с.
- [93] Вилкас Э.Й., Майминас Е.З. Решения: теория, информация, моделирование. – М.: Радио и связь, 1981. – 328 с.
- [94] Yager R. Multiple objective decision-making using fuzzy sets //Int. J. Man-Mach. Sfid. – 1979. - Vol. 9. – № 4. – P. 375 – 382.
- [95] Chu A., Kalaba R., Springarn R. A Comparison pf Two Methods for Determining the weights of Belonging to Fuzzy Sets //J. of Optimization theory and applications. – 1979. – Vol. 27. – № 4. – P. 531 – 538.
- [96] Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971. – 220 с.
- [97] Севастьянов П.В., Туманов Н.В. Многокритериальная идентификация и оптимизация технологических процессов. – Минск: Наука и техника, 1990 -224 с.
- [98] Saaty T. Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures //J. of Mathematical Psychology. – 1977. – Vol. 15. – № 3. – P. 234 – 281.
- [99] [L.C.Leung , D.Cao „On consistency and ranking of alternatives In fuzzy AHP” European Journal of Operation Research volume 124 ,issue 1, 01-July-2000European Journal of Operation Research vol 124. (1) pp. 102-113.
- [100] L.C.Leung , D.Cao “On the efficacy of modeling multi-attribute decision problems using AHP and Sinarchy”. European Journal of Operation Researchvol 132 (1) pp 39-49.
- [101] Соу С. Гидродинамика многофазных систем. – М.: Мир, 1971 – 536 с.
- [102] Radosław Wi niewski, Ryszard róbek – „Zastosowanie sieci neuronowych w PTN”
- [103] Ludmiła Dymowa, Paweł Figat, Anna Zenkowa – „Metoda i oprogramowanie do oceny wielokryterialnej i wielopoziomowej decyzji w warunkach niepewno ci rozmytej”
- [104] Jarosław Chlebica – „Operat szacunkowy”
- [105] Paweł Róg – „Wielokryterialna i wielopoziomowa ocena efektywno ci inwestycji finansowych w warunkach niepewno ci.”
- [106] Paweł Figat – „Opracowanie metody i oprogramowania do wielokryterialnej i wielopoziomowej oceny alternatyw w zagadnieniach podejmowania decyzji”
- [107] MySQL Manual - <http://www.mysql.com/doc/en>
- [108] PHP Manual – Pod redakcj : Stig Sæther Bakken, Egon Schmid <http://www.php.net/docs.php>