

PROBLEMY METODOLOGICZNE WSPOMAGANIA DECYZJI PRZY OCENIE PROJEKTÓW INWESTYCYJNYCH ORAZ ODPOWIEDNI SYSTEM KOMPUTEROWY.

Ludmiła Dymowa, Paweł Sewastinow, Paweł Figat

1. WSTĘP NIEFORMALNY.

Nie jest tajemnicą, że wstępy nieformalne najczęściej wykorzystuje się żeby zamaskować niechęć lub niemożliwość dokładnego i co gorsze matematycznie sztywnego formułowania zadań. Szczerze przyznamy, że w naszym przypadku chodzi raczej o niechęć do formalizowania od początku zadania niż o niedostateczną wiedzę czy dyletantyzm autorów. Chcąc rozpatrywać problemy inwestowania wyłącznie z matematycznego punktu widzenia, proponujemy nasze wcześniejsze prace [1-2], w których wielbiciele mogą znaleźć dość udane zastosowanie praktyczne jednego z najbardziej kontrowersyjnych, a jednocześnie modnych (w pewnym sensie do szaleństwa), nawet pod względem nazwy, działów matematyki nowoczesnej- Teorii zbiorów rozmytych.

Warto podkreślić, że w rozszerzonym sensie inwestowanie to prawie wszystko, do czego jesteśmy przyzwyczajeni w codziennym życiu. Najciekawsze jest przy tym, że zwykle nie zastanawiamy się nad podstawami matematycznymi (i w ogóle nad jakimikolwiek podstawami) przy podejmowaniu przez nas decyzji inwestycyjnych. Na przykład gorącym letnim południem lekkomyślnie kupujemy lody, choć powinniśmy na serio zastanowić się nad zaletami alternatywnej inwestycji w poprawienie naszego samopoczucia – kupna kubka zimnej fanty. Jasne, że wszystko to brzmi nie do końca poważnie, powie „poważny” czytelnik. Rzeczywiste inwestycje to inwestycje pewne, w solidne rzeczy i otrzymanie porządnych zysków. Jednak, co może być ważniejsze i odpowiedzialniejsze niż decyzje o inwestycjach

własnej zdolności intelektualnej, na przykład własnego talentu matematycznego. Można ulokować go w ważniejsze i szlachetniejsze dzieło, takie jak rozwiązywanie szóstego problemu Gilberta i nawet rozwiązywać go. Efekt ekonomiczny takiej inwestycji jest raczej bardzo niepewny, choćby ze względu na braku potencjalnej nagrody Nobla za osiągnięcia matematyczne. Jednak włożenie talentu matematycznego w obłudne gry karciane z dużymi stawkami mogą solidnie wzbogacić inwestora. Wszystkie powyższe nie bardzo naukowe rozważania mają na celu ostrożne przygotowanie czytelnika do przyjęcia smutnej prawdy o niemożliwości wyprodukowania jedyne uniwersalnego przepisu do oceny inwestycji. Właśnie na tej tragicznej nucie można by i było skończyć artykuł, jeżeli by nie czysto altruistyczna ciekawość naukowa: na jakiej podstawie ludzie jednakże podejmują decyzje inwestycyjne i mniej altruistyczna ciekawość: jak zainwestować pewne pieniądze, czy może jeszcze lepiej jakąś własność wirtualną (bo bardzo żal pieniędzy) na przykład intelektualną, by otrzymać w rezultacie możliwie jak najwięcej (wszystkiego) i możliwie bez podejmowania zbędnego ryzyka. Ponieważ, „nie jest możliwe ogarnąć tego, co nieogarnięte”, to skoncentrujemy się na rozpatrzeniu „normalnych” projektów inwestycyjnych, z którymi mają do czynienia fundusze inwestycyjne, banki, duże i średnie firmy i inne solidne organizacje.

2. WSTĘP

Kryteria oceny projektów są często określane wyłącznie z punktu widzenia osoby mającej osobisty stosunek do pieniędzy, które mają być zainwestowane. Jeżeli o losie projektu decyduje bankier to interesuje go przede wszystkim termin zwrotu pieniędzy, odsetki, ryzyko. Jeżeli decyduje urzędnik to mogą stać się bardzo ważne kryteria ekologiczne, nowoczesności technologicznej, zatrudnienia itp. Przy tym może zostać odrzucony zupełnie rewolucyjny i niezwykle korzystny projekt restrukturyzacji największego w mieście przedsiębiorstwa, którego realizacja pozostawi połowę mieszkańców miasta bez pracy. Widoczne jest, że w takiej wyraźnie nieuporządkowanej sytuacji pierwsze, co może przyjść do głowy

poważnemu teoretykowi, to idea stworzenia sztywnego, uniwersalnego systemu kryteriów oceny inwestycji. Idea ze wszech miar bardzo atrakcyjna i może ona być podstawą zachwycającej dyskusji naukowej. Jednak wdrażanie jej w życie zwłaszcza w formie instrukcji, wypełnienie której będzie obowiązkiem dla każdego (wraz z przyłożeniem dużej okrągłej pieczętki), jest niebezpieczne dla społeczeństwa, gdyż może powodować znaczne straty ekonomiczne. Warto podkreślić, że to wszystko nie znaczy, iż ludzie nie korzystają przy ocenie projektów z jakichś systemów kryteriów. Wręcz przeciwnie. Przykładem mogą być Stany Zjednoczone, gdzie w konkursach projektów inwestycyjnych na poziomie federalnym wykorzystuje się około 40 różnych kryteriów. Jasne, że część z nich może być w sposób obiektywny przedstawiona w formie ilościowej (Wewnętrzna stopa zwrotu, Wartość zaktualizowana netto przedsięwzięcia itp.), a część tylko w formie jakościowych ocen ekspertowych (Stopień wpływu na ekologię, Stopień ryzyka politycznego). Dodatkową nieprzyjemnością jest nierównoważność kryteriów. W systemie niemieckich biznesowo - innowacyjnych i technologicznych centrów opracowano pewien niezbyt zgrabny system kryteriów. Jego wyraźnymi zaletami są brak zadeklarowanej sztywności, uniwersalności oraz to, że jest rezultatem (mniej więcej) naukowym, wynikającym z życiowej praktyki. Zbiór możliwych kryteriów proponuje się rozdzielić na następujące grupy:

- Kryteria charakteryzujące zgodność projektów z poziomem rozwoju ekonomicznego regionu, jego cechami ekologicznymi i naukowo – technologicznym charakterem struktury innowacyjnej;
- Kryteria oceny sukcesu komercyjnego przedsięwzięcia;
- Kryteria oceny poziomu naukowo- technicznego;
- Kryteria efektywności finansowej;
- Kryteria oceny stopnia możliwości technicznej realizacji projektu;
- Kryteria oceny różnego rodzaju ryzyka;

Już na pierwszy rzut oka, na podstawie proponowanej systematyzacji kryteriów można wnioskować, że zadanie oceny projektów inwestycyjnych jest obciążone następującymi okolicznościami:

- Kryteria szczegółowe mogą być oparte na charakterystykach ilościowych (parametry finansowe) oraz na ocenach ekspertów (kryteria poziomu naukowo - technicznego). Eksperti, aby nie pomylić się wolą dawać rady wyłącznie na jakościowym poziomie i przy tym bardzo często niepewne. Ponieważ ważną rolę odgrywają tu doświadczenie i intuicja, niezbędne jest pojawienie się pewnego rodzaju niepewności o naturze subiektywnej, rozmytej, która nie może być formalizowana w zwykłym sensie prawdopodobieństwa. Od lat szkolnych dobrze wiadomo, że wszystko, co nie jest obiektywne, nie jest naukowe, że intuicja to diabeł. Dlatego opierając się na bezwzględnie sztywnym (upartym), tradycyjnym poglądzie naukowym, można by było z ulgą zapomnieć o kryteriach zadanych na jakościowym, werbalnym poziomie opisu. Jednak w praktyce właśnie takie kryteria często odgrywają rolę pierwszoplanową.
- Część kryteriów jest w stosunkach antagonistycznych. Oznacza to, że ulepszenie jakiegoś kryterium spowoduje automatycznie pogorszenie innego i nieśmiertelny pewnik, „kto nie ryzykuje, nie pije szampana”, nie starzeje się.
- Kryteria są wyraźnie nierównoważne, ponieważ mają różny wpływ na integralną ocenę jakości projektu.

Oprócz tego kryteriów jest za dużo. Problem polega na tym, że ludzie w ogóle źle rozumieją przesadnie detalizowane skale wartości parametrów lub kryteriów. Zgodnie z danymi badań psychofizycznych, przeciętny człowiek może wyraźnie rozróżniać nie więcej niż 7 – 9 poziomów na skali pewnego parametru. Jeżeli ma więcej stopni, to sąsiednie poziomy zaczną się nakładać i już nie mogą być całkowicie wyraźnie rozróżniane.

Spis problemów można z łatwością przedłużyć, ale zastraszanie czytelnika nie jest naszym celem. Mądry czytelnik od razu spostrzeże, że im straszniej problemy

przedstawione są we wstępie, tym łatwiejsze i piękniejsze będą proponowane przez autorów sposoby ich rozwiązywania. Nazwa następnego rozdziału zaczyna się od słów formalizacja matematyczna. Przykro nam, ale nie uda się całkiem uniknąć matematyki przy szacowaniu projektów inwestycyjnych: rzecz idzie o grube pieniądze, a one lubią, kiedy się je liczy. Jednak dobrze rozumiemy ukształtowaną i popartą całym życiowym doświadczeniem większości normalnych ludzi (nie matematyków) bojaźń, a nawet obrzydzenie do matematyki. Dlatego, postaramy się stosować matematykę w formie obrazków, a nie wzorów. Przy tym będziemy opierać się na prościutkim przykładzie i jego realizacji za pomocą opracowanego przez autorów oprogramowania.

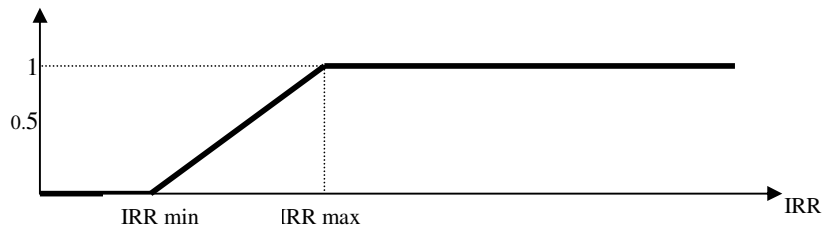
3. FORMALIZACJA MATEMATYCZNA KRYTERIÓW SZCZEGÓŁOWYCH JAKOŚCI PROJEKTÓW

W celu oceniania projektów trzeba dysponować aparatem matematycznym umożliwiającym doprowadzenie wszystkich charakteryzujących je różnorodnych kryteriów szczegółowych do uniwersalnej skali porównawczej.

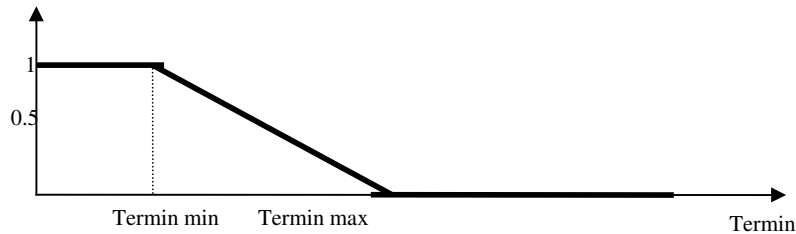
Dlatego wykorzystujemy narzędzie matematyczne teorii zbiorów rozmytych [3]. Rozpatrzmy przykład takiego ważnego wskaźnika ilościowego jak wewnętrzna stopa zwrotu (IRR). Oczywiście, istnieje jakaś dolna dopuszczalna granica IRR, zwykle mniej więcej równa średniej bankowej stopie procentowej (r) w państwie. Jasne jest też, że istnieje dość szeroki zakres $r < IRR < IRR_m$, w którym efektywność projektu rośnie i jednocześnie wzrasta prawdopodobieństwo inwestowania. Przypuszczamy, że przy $IRR > IRR_m$ efektywność projektu pod względem parametru IRR jest w takim stopniu wysoka, że bez względu na inne okoliczności inwestowanie jest gwarantowane. Dla formalizacji tego rodzaju opisów w ramach teorii zbiorów rozmytych wykorzystuje się aparat funkcji przynależności, który w kontekście naszego zadania wygodniej nazywać funkcją przydatności (możliwe są i inne określenia na przykład pożyteczność, użyteczność, gdyż nie ma sztywno ustalonego terminu). Funkcje przydatności zmieniają się od zera w zakresie niedopuszczalnych

wartości parametru do maksymalnej wartości 1 w przedziałach najlepszych wartości analizowanego wskaźnika jakości. Ogólny kształt funkcji użyteczności dla naszego przykładu jest przedstawiony na rys.1a. Podkreślamy, że liniowy charakter wzrostu funkcji użyteczności nie jest dogmatem i najczęściej wykorzystuje się go w przypadkach, kiedy dla różnych wartości wskaźnika jakości można powiedzieć tylko, że jeden z nich jest lepszy, możliwie przydatniejszy od drugiego (ocena wyłącznie werbalna, jakościowa). W ten sam sposób można zbudować funkcje użyteczności dla innych wskaźników jakości. Najczęściej funkcje te mają kształt rozmytych (1b –1c) lub zwykłych (rys.1d) przedziałów.

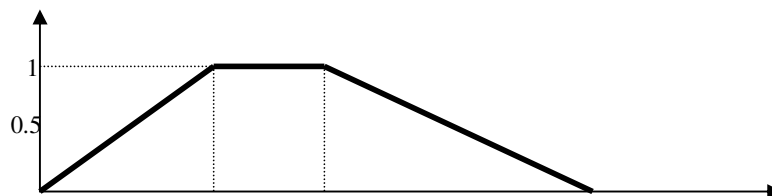
a)



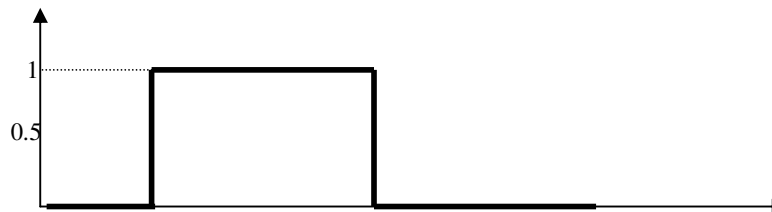
b)



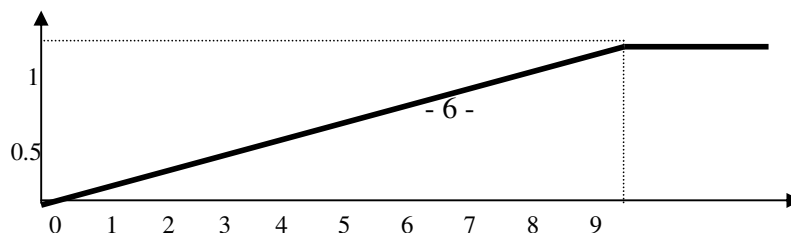
c)



d)



e)



Rys1.

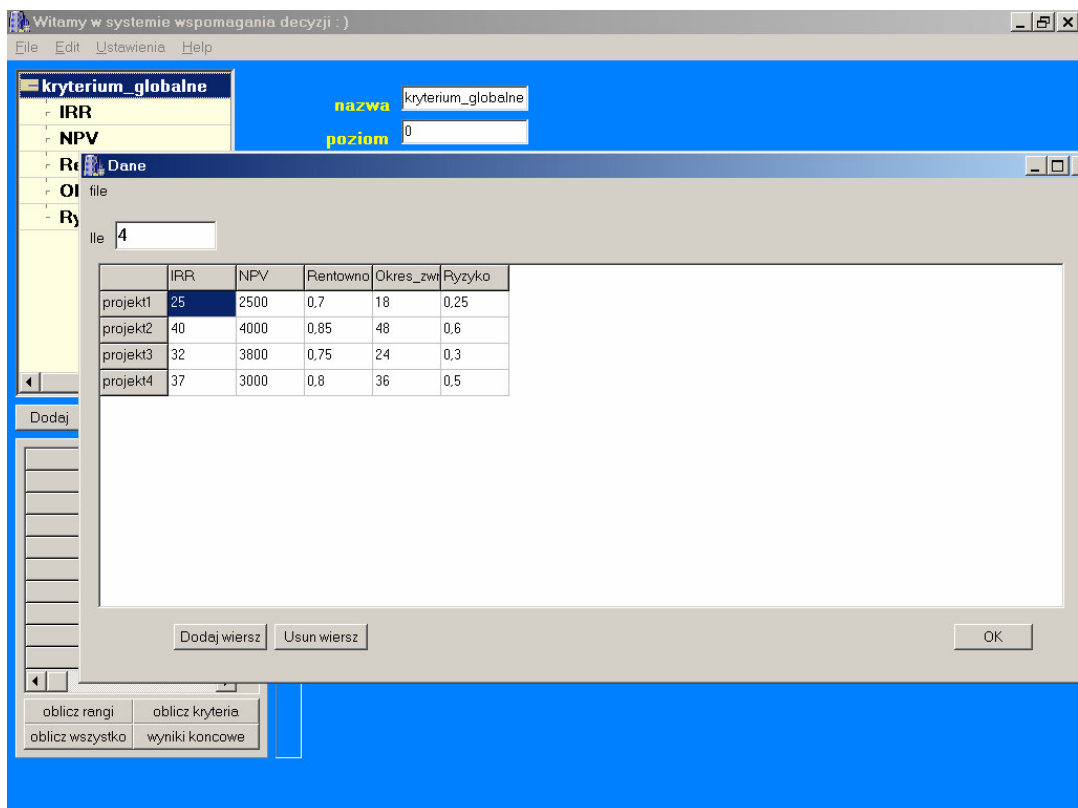
a)-d) typowe formy kryterium na podstawie parametrów jakościowych

e) funkcja przynależności kryterium zadanego werbalnie gdzie liczby 0-9

odpowiadają np. lingwistycznym ocenom stopni ostrości określenia parametru : „nie wyraźny”, „mniej więcej wyraźny”, „wyraźny”,... „zdecydowanie wyraźny”

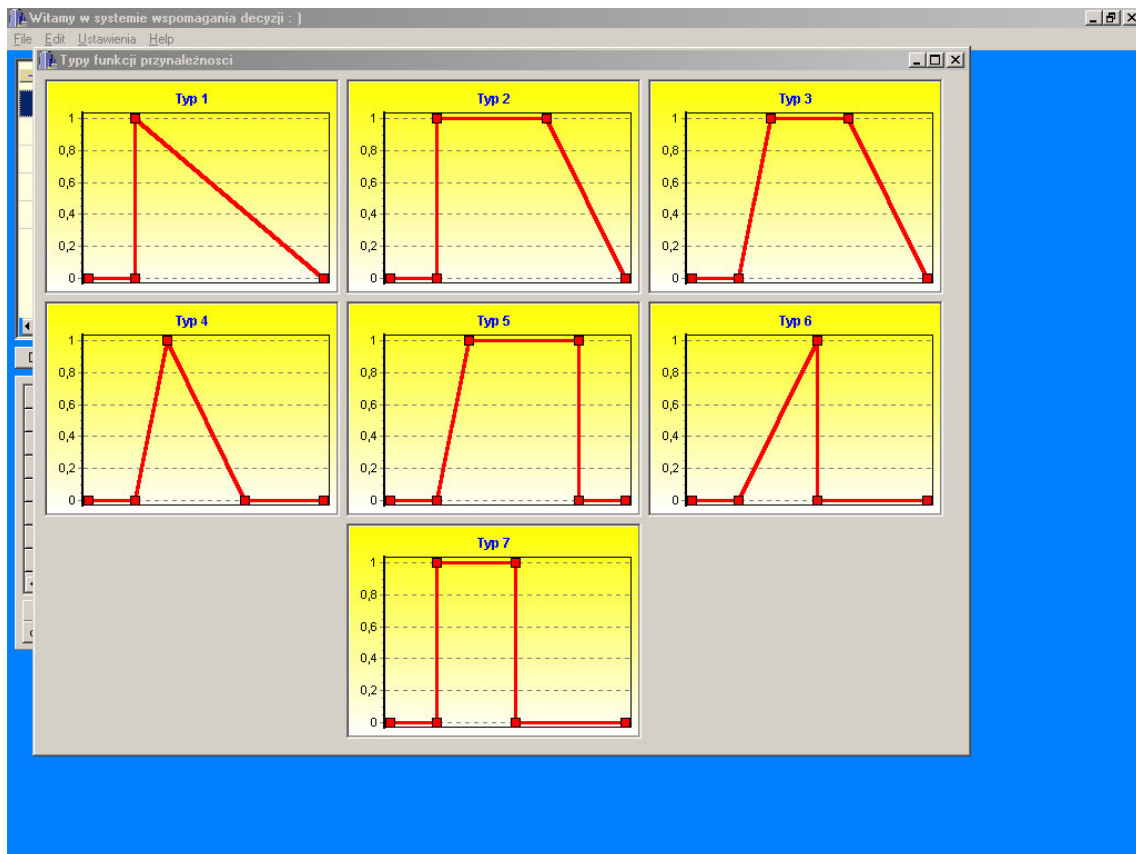
Formalizacja kryteriów jakości przedstawionych na poziomie werbalnym również może zostać wykonana za pomocą funkcji użyteczności. Wygodnie jest przy tym korzystać z werbalnych ocen stopni ostrości lingwistycznych określeń parametru jakości. Przykładem może być stopień ostrości wskaźnika jakości ”wpływ na ekologię regionu”,który może być oszacowany w skali werbalnej: „nie wyraźny”, „słabo wyraźny”, „zdecydowanie wyraźny” itd.(ale nie więcej niż 9 poziomów o czym mówiliśmy już powyżej). Sposób tworzenia odpowiedniej funkcji użyteczności przedstawiono na rys. 1e.

W rezultacie wszystkie ilościowe oraz jakościowe kryteria są reprezentowane na jednej bezwymiarowej skali funkcji użyteczności. Możemy już przejść do rozpatrzenia przykładu. Przeprowadźmy ocenę porównawczą 4 projektów pod względem parametrów przedstawionych na rys 2. W sytuacji realnej może być znacznie więcej parametrów. Jednak bez wewnętrznej stopy zwrotu (IRR), wartości zaktualizowanej netto przedsięwzięcia (NPV),rentowności (PI),okresu zwrotu (PB) projekty z reguły nie mogą być oszacowane, gdyż są to parametry najważniejsze. Ryzyko projektu (R) charakterystyką agregowaną w sposób bardziej skomplikowany, w określeniu której mogą być stosowane zarówno ilościowe jak i jakościowe oceny ekspertów. Szczegóły w [2].



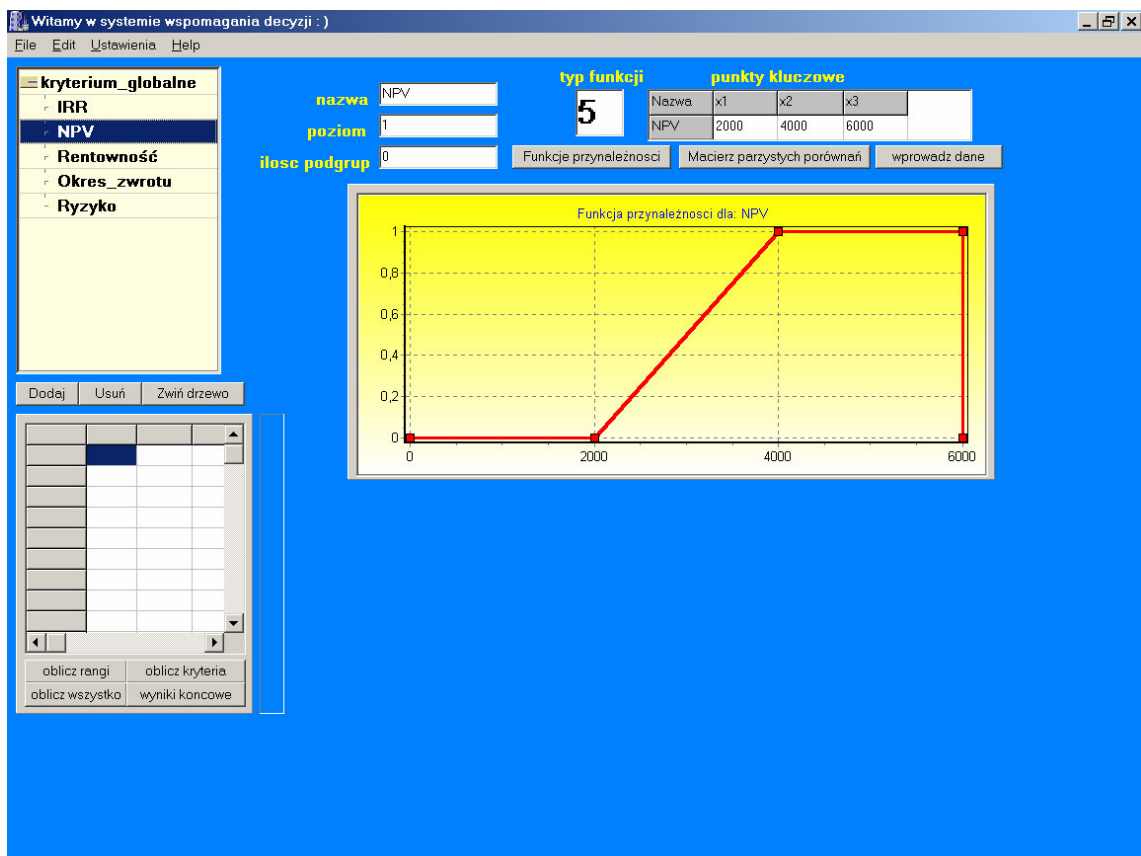
rys. 2 Projekty, które będziemy porównywać.

W naszym prościutkim przykładzie przypuścimy, że ryzyko zostało w jakiś sposób ocenione i może wahać się w przedziale od 0 do 1. Wartości parametrów dla naszego przykładu są przedstawione w tabeli który znajduje się na rysunku 2. Następnym krokiem jest stworzenie funkcji użyteczności.



rys. 3 Typy funkcji przynależności

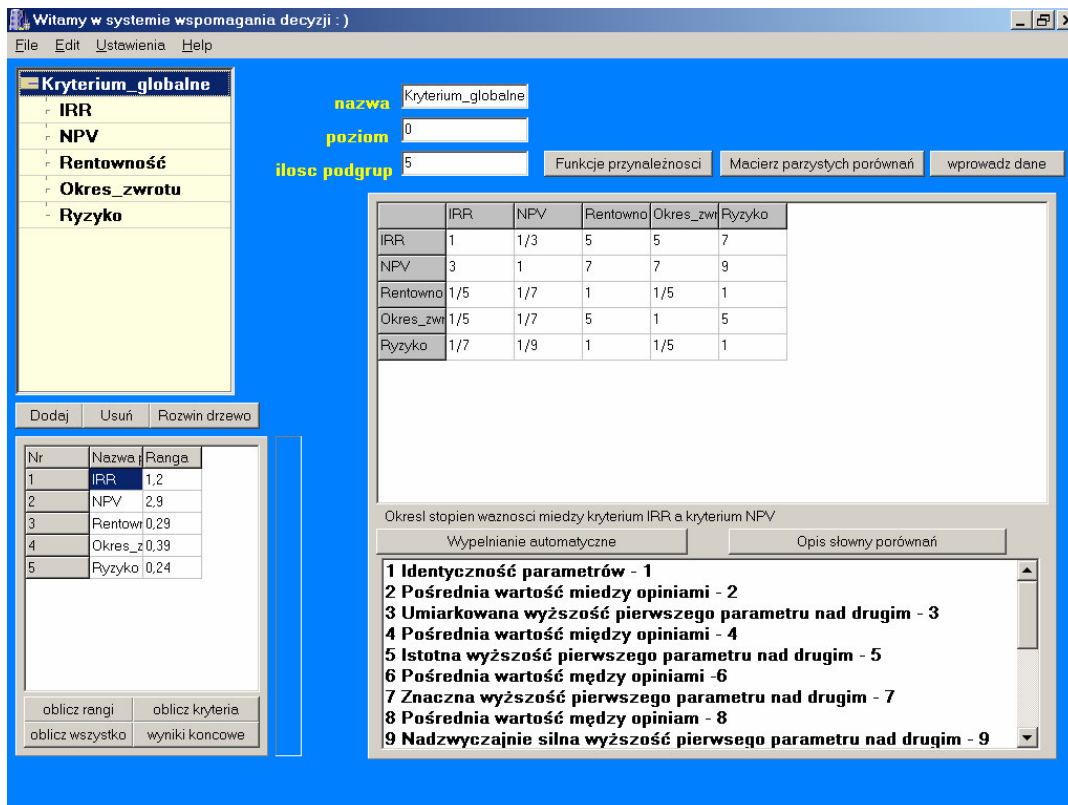
W menu (rys.3) należy wybrać pasujący typ funkcji i zadać wartości odpowiadających punktów kluczowych ($x_1 - x_4$). Punkty kluczowe z kolei mogą być zadane na podstawie ocen ekspertów, lub danych normatywnych, na podstawie sztywnych (na przykład bankowych, państwowych) przepisów itd. Ponieważ w naszym przykładzie chodzi tylko o wybranie najlepszego spośród 4 projektów, więc zrobimy to prościej. Przykład najgorsza wartość NPV przy porównaniu wszystkich 4 projektów jest równa - 2500, najlepsza – 4000. Dlatego (rys. 4) definiujemy $x_1=2000$ (mniej niż 2500 dlatego że nie chcemy od początku odrzucać projekt nr.1), $x_2= 4000$ i tylko dla pewności $x_3=6000$. Podobnie w sposób interaktywny budujemy pozostałe funkcje użyteczności (rys.4).



rys. 4 Budowanie funkcji użyteczności

4. OSZACOWANIE WSPÓŁCZYNNIKÓW WZGLĘDNEJ WAŻNOŚCI KRYTERIÓW SZCZEGÓŁOWYCH.

Bardzo trudnym problemem metodycznym jest rangowanie dużej ilości kryteriów na podstawie opinii ekspertów. Powyżej już mówiliśmy o ograniczonych możliwościach człowieka do ocen sytuacji wielokryterialnych. Jednak przy porównaniu dwóch alternatyw jest on zwykle w stanie w sposób adekwatny ustalić, u której z nich rozpatrywany wskaźnik (ważność) jest silniejszy (lepszy), a nawet w niektórych przypadkach w sposób przybliżony ocenić (werbalnie) stopień wyraźności tej różnicy. Dlatego opracowana przez nas metoda rangowania kryteriów zapewnia otrzymanie ilościowych wartości współczynników względnej ważności (rang) na podstawie ich parzystych porównań w formie słownej. Podstawą metody jest macierz parzystych lingwistycznych porównań, zaproponowana przez T. Saaty [4].



Rys 5. Wypełnienie macierzy parzystych porównań i wyliczenie rang.

Sposób wypełnienia tej macierzy dla naszego przykładu przedstawiono na rys. 5. Jak widać na nim, wykorzystuje się tylko 9 podstawowych ocen słownych. Jest to nie przypadkowe i związane z faktem, że w językach naturalnych większości narodów także wykorzystuje się nie więcej niż 9 lingwistycznych ocen względnej ważności. Słowne sformułowania ocen mogą być inne, ale ich ilość w praktyce jest stała. Takie są cechy ludzkiego umysłu [4]. Ocenom werbalnym względnej ważności odpowiadają liczby naturalne. Jest to oczywiste, gdyż w innym przypadku jakiegokolwiek wyliczenie rang byłoby po prostu niemożliwe. Warto podkreślić, że liczby na rys. 5 przedstawiliśmy wyłącznie w celu dydaktycznym. W praktyce nie radzimy wprost pokazywać ekspertom jakichkolwiek liczb. Niech oceniają wyłącznie na podstawie skali lingwistycznej. Chodzi o to, że jeśli proponujemy grupie specjalistów za zadanie ocenę dobrze znanych im obiektów, to wtedy oceny werbalne zwykle będą prawie takie same. Inaczej być nie może: ludzie studiowali na

podstawie tych samych podręczników, czytają te same artykuły, pracują w tej samej dziedzinie. Jednak jeśli uda się ich zmusić do wykorzystania przy ocenianiu liczb (zwykle za dość grube pieniądze: liczb nikt nie lubi) wtedy żadnego konsensusu już nie będzie [5].

Rzecz w tym, że na „początku było słowo”. Liczby pojawiły się znacznie później i w ciągu tego mikroskopijnego w skali historycznej okres czasu (kilka tysiącleci), ludzie po prostu jeszcze nie nauczyli się dobrze z nich korzystać. I dzięki BOGU!!! Na razie, myślimy za pomocą słów, a nie liczb, i nawet uparcie staramy się nauczyć tej sztuki nasze komputery.

Ponieważ obiecaliśmy w miarę możliwości nie irytować czytelnika matematyką, powiemy tylko, że końcowe rangi kryteriów na podstawie macierzy parzystych porównań w sposób najlepszy można otrzymać za pomocą metod programowania nieliniowego. Szczegóły dla ciekawych w [6].

5. FORMUŁOWANIE GLOBALNEGO KRYTERIUM JAKOŚCI PROJEKTÓW

Mamy już kryteria szczegółowe i ich rangi. Dobrze, że w naszym przykładzie mamy tylko 5 kryteriów, a nie 55, jak może być życiu. Zadanie oceny projektów nie wygląda jeszcze dużo prościej niż na początku artykułu. Dla rozstrzygnięcia problemu niezbędne będzie opracowanie sposobów agregowania wszystkich różnorodnych informacji w pewne końcowe ilościowe oceny. W wyniku musimy otrzymać jedną liczbę – wartość globalnego wskaźnika (kryterium) jakości projektów. Dalej niestety trochę matematyki inaczej w ogóle nie będzie jasne, o co chodzi.

Niech:

$\{x_i\}$, $i = 1, \dots, N$ są jakościowymi i ilościowymi parametrami jakości;

$\mu_1(x_1)$, $\mu_2(x_2)$, ..., $\mu_N(x_N)$ są funkcjami przynależności, które w danym przypadku traktujemy jak pewne kryteria na podstawie parametrów jakości (faktycznie są to funkcje przynależności do dobrych, żądanych wartości parametrów jakości)

a_1, \dots, a_N są współczynnikami względnej ważności kryteriów;

Najczęstszymi wariantami formułowania kryteriów globalnych na podstawie kryteriów szczegółowych i ich rang są:

$$DD1 = \min(\mu_1(x_1)^{a_1}, \mu_2(x_2)^{a_2}, \mu_3(x_3)^{a_3}, \dots)$$

$$DD2 = \prod_{i=1}^N \mu_i(x_i)^{a_i}$$

$$DD3 = \sum_{i=1}^N \frac{a_i * \mu_i(x_i)}{N}$$

Istnieją różne opinie co do porównawczej skuteczności metod w formułowaniu globalnych kryteriów. Warianty DD_2 i DD_3 posiadają własność wyrównywania małych wartości jednego szczegółowego kryterium za pomocą zwiększania innych, co nie jest pożądane.

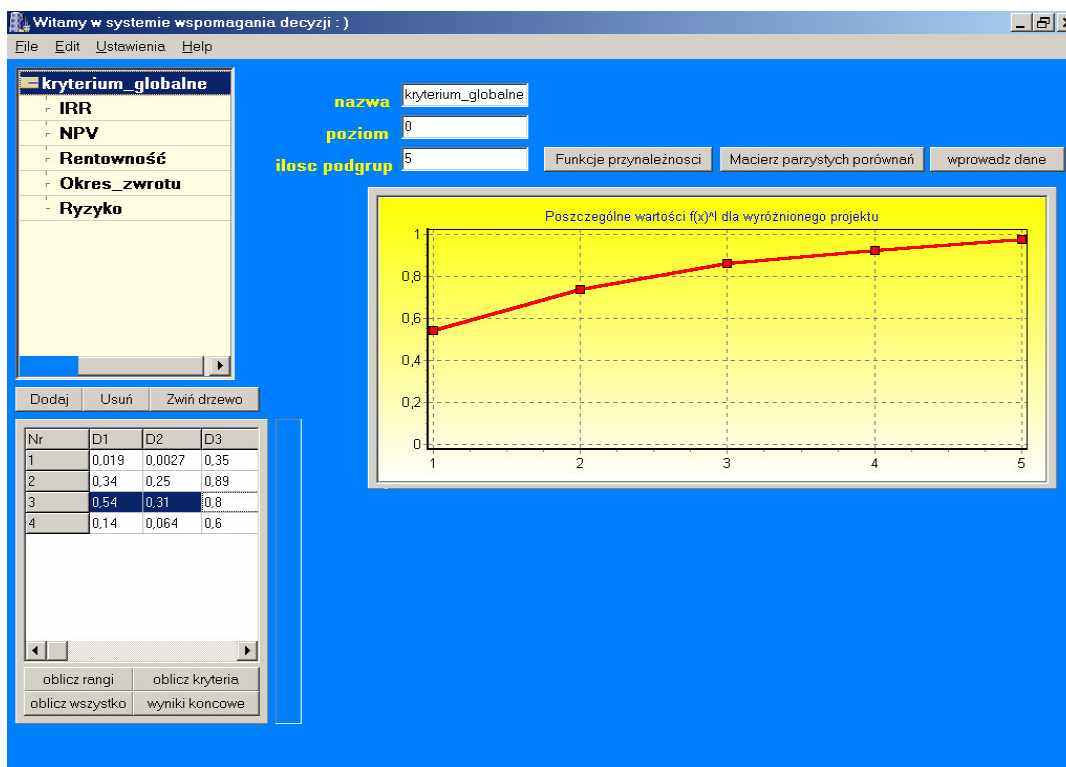
Wariant DD_1 jest wolny od tych wad, ale prowadzi do bardzo ostrej oceny sytuacji. Dlatego jest czasami nazywany kryterium maksymalnego pesymizmu.

Udowodnione jest, że w wypadkach zadań wielokryterialnej optymalizacji najbardziej racjonalnym jest użycie wariantu DD_1

Jednak praktyka jest zawsze bogatsza niż teoria. Dlatego w zadaniach oceny jakości projektów sensownym jest wykorzystywać razem trzy wyżej wymienione sposoby formułowania kryterium globalnego (rys. 6).

Wszystkie one gwarantują otrzymanie ilościowych globalnych ocen projektów w zakresie od 0 (zdecydowanie niekorzystny projekt) do 1 (projekt – marzenie inwestora). Zgodność rezultatów otrzymanych za pomocą kryteriów DD_1 – DD_3 zwiększa zaufanie do wyników badań; niezgodność może powodować bardzo pożyteczne dodatkowe rozważania. Jasne, że im wyższa wartość kryterium globalnego, tym lepiej projekt jest oceniany. Z rys. 6 wynika, że w naszym przykładzie najlepszy jest projekt 3. Właśnie dla tego projektu otrzymano

maksymalne wartości kryteriów globalnych dla 2 różnych sposobów ich formułowania.



rys. 6 Wyliczenie kryteriów globalnych

Opracowana metoda pozwala nie tylko za pomocą jednej liczby (ale opartej na dość porządnym podstawach naukowych) ocenić jakość projektów, ale, jak widać na rys. 6, ujawnić jaki wpływ na ocenę globalną ma każde kryterium szczegółowe razem ze swoją rangą.

Podsumowując podkreślimy, że w praktyce zadania oceny jakości projektów inwestycyjnych (i innych) są nie tylko zadaniami wielokryterialnymi, ale i wielopoziomowymi (hierarchicznymi). Nasza metoda pozwala na rozwiązywanie i takich zadań, ale o tym w następnym artykule.

Literatura

1. Sevastianov, V.I. Valkovsky, D.P. Sevastianov, D.V. Stepanov. The methods and software for financial and economic analysis in conditions of fuzzy and probabilistic uncertainty// Proc. of the Fifth International Conf. Computer Data Analysis and Modeling .1998.- Minsk. Vol. 2., P. 93-98.
2. Dymova L.,Sevastjanov D., Sevastjanov P. Application of fuzzy sets theory methods for the evaluation of investment efficiency parameters// Fuzzy economic review. 2000, Vol. V, N 1, P. 34-48 .
3. Zadeh L.A. Fuzzy sets//Inf. Contr.-1965.-vol. 8.-p.338-358.
4. Saaty T. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures//J. of Mathematical Psychology.-1977.-vol. 15.-No 3.-p.234-281.
5. Zollo G., Iandoli L., Cannavacciuolo A. The performance requirements analysis with fuzzy logic// Fuzzy economic review. 1999, Vol. IV, N 1, P. 35-69.
6. Chu A., Kalaba R., Springarn R. A Comparison of Two Methods for Determining the weight of Belonging to Fuzzy Sets//J. of Optimisation theory and applications.-1979.-vol. 27.-No 4.- p. 531-538.