

PRACE NAUKOWE

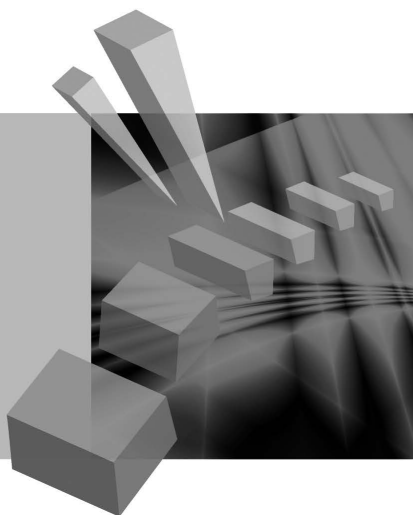
Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

RESEARCH PAPERS

of Wrocław University of Economics

238

Zastosowania badań operacyjnych Zarządzanie projektami, decyzje finansowe, logistyka



Redaktor naukowy

Ewa Konarzewska-Gubała



Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu
Wrocław 2011

Recenzenci: Stefan Grzesiak, Donata Kopańska-Bródka, Wojciech Sikora,
Józef Stawicki, Tomasz Szapiro, Tadeusz Trzaskalik

Redaktor Wydawnictwa: Elżbieta Kożuchowska

Redaktor techniczny: Barbara Łopusiewicz

Korektor: Barbara Cibis

Łamanie: Małgorzata Czupryńska

Projekt okładki: Beata Dębska

Publikacja jest dostępna w Internecie na stronach:

www.ibuk.pl, www.ebscohost.com,

The Central and Eastern European Online Library www.ceeol.com,

a także w adnotowanej bibliografii zagadnień ekonomicznych BazEkon

http://kangur.uek.krakow.pl/bazy_ae/bazekon/nowy/index.php

Informacje o naborze artykułów i zasadach recenzowania znajdują się

na stronie internetowej Wydawnictwa

www.wydawnictwo.ue.wroc.pl

Kopiowanie i powielanie w jakiegokolwiek formie

wymaga pisemnej zgody Wydawcy

© Copyright by Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Wrocław 2011

ISSN 1899-3192

ISBN 978-83-7695-195-9

Wersja pierwotna: publikacja drukowana

Druk: Drukarnia TOTEM

Spis treści

Wstęp.....	9
------------	---

Część 1. Zarządzanie projektami i innowacjami

Tomasz Błaszczyk: Świadomość i potrzeby stosowania metod badań operacyjnych w pracy polskich kierowników projektów	13
Barbara Gładysz: Metoda wyznaczania ścieżki krytycznej przedsięwzięć z rozmytymi czasami realizacji zadań	25
Marek Janczura, Dorota Kuchta: Proactive and reactive scheduling in practice.....	34
Tymon Marchwicki, Dorota Kuchta: A new method of project schedule levelling	52
Aleksandra Rutkowska, Michał Urbaniak: Harmonogramowanie projektów na podstawie charakterystyk kompetencji – wrażliwość modelu na różne aspekty liczb rozmytych	66
Jerzy Michnik: Zależności między kryteriami w wielokryterialnych modelach zarządzania innowacjami	80

Część 2. Podejmowanie decyzji finansowych

Przemysław Szufel, Tomasz Szapiro: Wielokryterialna symulacyjna ocena decyzji o finansowaniu edukacji wyższej	95
Marek Kośny: Koncepcja dominacji pierwszego i drugiego rzędu w analizie wzorca zmian w rozkładzie dochodu.....	111
Agnieszka Przybylska-Mazur: Podejmowanie decyzji monetarnych w kontekście realizacji celu inflacyjnego	120
Agata Gluzicka: Analiza ryzyka rynków finansowych w okresach gwałtownych zmian ekonomicznych	131
Ewa Michalska: Zastosowanie prawie dominacji stochastycznych w konstrukcji portfela akcji	144
Grzegorz Tarczyński: Analiza wpływu ogólnej koniunktury giełdowej i wzrostu PKB na stopy zwrotu z portfela akcji przy wykorzystaniu rozmytych modeli Markowitza.....	153

Część 3. Problemy logistyki, lokalizacji i rekrutacji

Paweł Hanczar, Michał Jakubiak: Wpływ różnych koncepcji komisjonowania na czas realizacji zamówienia w węzle logistycznym	173
Mateusz Grzesiak: Zastosowanie modelu transportowego do racjonalizacji dostaw wody w regionie	186
Piotr Wojewnik, Bogumił Kamiński, Marek Antosiewicz, Mateusz Zawisza: Model odejść klientów na rynku telekomunikacyjnym z uwzględnieniem efektów sieciowych	197
Piotr Miszczyński: Problem preselekcji kandydatów w rekrutacji masowej na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa	211

Część 4. Pomiar dokonań, konkurencja firm, negocjacje

Marta Chudykowska, Ewa Konarzewska-Gubała: Podejście ilościowe do odwzorowania celów strategicznych w systemie pomiaru dokonań organizacji na przykładzie strategii miasta Wrocławia	231
Michał Purczyński, Paulina Dolata: Zastosowanie metody DEA do pomiaru efektywności nakładów na reklamę w przemyśle piwowarskim	246
Mateusz Zawisza, Bogumił Kamiński, Dariusz Witkowski: Konkurencja firm o różnym horyzoncie planowania w modelu Bertrand z kosztem decyzji i ograniczoną świadomością cenową klientów	263
Jakub Brzostowski: Poprawa rozwiązania negocjacyjnego w systemie <i>Nego-Manage</i> poprzez zastosowanie rozwiązania przetargowego	296

Część 5. Problemy metodologiczne

Helena Gaspars-Wieloch: Metakryterium w ciągłej wersji optymalizacji wielocelowej – analiza mankamentów metody i próba jej udoskonalenia.	313
Dorota Górecka: Porównanie wybranych metod określania wag dla kryteriów oceny wariantów decyzyjnych	333
Maria M. Kaźmierska-Zatoń: Wybrane aspekty optymalizacji prognoz kombinowanych	351
Artur Prędko: Spojrzenie na metody estymacji w modelach regresyjnych przez pryzmat programowania matematycznego	365
Jan Schneider, Dorota Kuchta: A new ranking method for fuzzy numbers and its application to the fuzzy knapsack problem	379

Summaries

Part 1. Project and innovation management

Tomasz Błaszczuk: Awareness and the need for operations research methods in the work of Polish project managers	24
Barbara Gładysz: A method for finding critical path in a project with fuzzy tasks durations	33
Marek Janczura, Dorota Kuchta: Proaktywne i reaktywne harmonogramowanie w praktyce	51
Tymon Marchwicki, Dorota Kuchta: Nowa metoda niwelacji harmonogramu projektu	64
Aleksandra Rutkowska, Michał Urbaniak: Project scheduling using fuzzy characteristics of competence – sensitivity of the model to the use of different aspects of fuzzy numbers	79
Jerzy Michnik: Dependence among criteria in multiple criteria models of innovation management	92

Part 2. Financial decision-making

Przemysław Szufel, Tomasz Szapiro: Simulation approach in multicriteria decision analysis of higher education financing policy	110
Marek Kośny: First and second-order stochastic dominance in analyses of income growth pattern	119
Agnieszka Przybylska-Mazur: Monetary policy making in context of execution of the strategy of direct inflation targeting	130
Agata Gluzicka: Analysis of risk of financial markets in periods of violent economic changes	143
Ewa Michalska: Application of almost stochastic dominance in construction of portfolio of shares	152
Grzegorz Tarczyński: Analysis of the impact of economic trends and GDP growth in the return of shares using fuzzy Markowitz models	169

Part 3. Logistics, localization and recruitment problems

Paweł Hanczar, Michał Jakubiak: Influence of different order picking concepts on the time of execution order in logistics node	185
Mateusz Grzesiak: Application of transportation model for rationalization of water supply in the region	196
Piotr Wojewnik, Bogumił Kamiński, Marek Antosiewicz, Mateusz Zawisza: Model of churn in the telecommunications market with network effects	210

Piotr Miszczyński: The problem of pre-selection of candidates in mass recruitment on the example of the chosen company.....	227
--	-----

Part 4. Performance measurement, companies competition, negotiations

Marta Chudykowska, Ewa Konarzewska-Gubała: Quantitative approach to the organization strategy mapping into the performance measurement system: case of strategy for Wrocław city	245
Michał Purczyński, Paulina Dolata: Application of Data Envelopment Analysis to measure effectiveness of advertising spendings in the brewing industry	262
Mateusz Zawisza, Bogumił Kamiński, Dariusz Witkowski: Bertrand competition with switching cost.....	295
Jakub Brzostowski: Improving negotiation outcome in the NegoManage system by the use of bargaining solution.....	309

Part 5. Methodological problems

Helena Gaspars-Wieloch: The aggregate objective function in the continuous version of the multicriteria optimization – analysis of the shortcomings of the method and attempt at improving it.....	332
Dorota Górecka: Comparison of chosen methods for determining the weights of criteria for evaluating decision variants	350
Maria M. Kaźmierska-Zatoń: Some aspects of optimizing combined forecasts.....	363
Artur Prędko: Mathematical programming perspective on estimation methods for regression models	378
Jan Schneider, Dorota Kuchta: Nowa metoda rankingowa dla liczb rozmytych i jej zastosowanie dla problemu rozmytego plecaka	389

Jakub Brzostowski

Politechnika Śląska

POPRAWA ROZWIĄZANIA NEGOCJACYJNEGO W SYSTEMIE *NEGOMANAGE* POPURZEZ ZASTOSOWANIE ROZWIĄZANIA PRZETARGOWEGO

Streszczenie: System *NegoManage* jest systemem wspomaganie negocjacji wielokryterialnych, pozwalającym na uzyskanie ugody negocjacyjnej w przestrzeni wielu kwestii. Jednakże rozwiązanie wynegocjowane przez strony może nie być optymalne w sensie Pareto. Dlatego też w niniejszej pracy proponujemy metodę poprawy rozwiązania negocjacyjnego otrzymanego procesie negocjacji poprzez zastosowanie rozwiązania przetargowego Gupty-Livne'a. Rozwiązanie Gupty-Livne'a jest otrzymywane poprzez wyznaczenie punktu przecięcia linii łączącej referencję z utopią oraz granicy efektywności Pareto w przestrzeni profili użyteczności. Takie podejście prowadzi do polepszenia ugody, które w konsekwencji daje rozwiązanie bliższe rozwiązaniu optymalnemu w sensie Pareto. Wyznaczenie takiego rozwiązania w systemie *NegoManage* nie jest zadaniem prostym, ze względu na specyficzny sposób reprezentacji preferencji negocjatorów. Proponujemy zatem iteracyjną metodę wyznaczania rozwiązania Pareto-optymalnego w celu zmniejszenia złożoności obliczeniowej algorytmu.

Słowa kluczowe: negocjacje, Pareto-optymalność, systemy negocjacji elektronicznych.

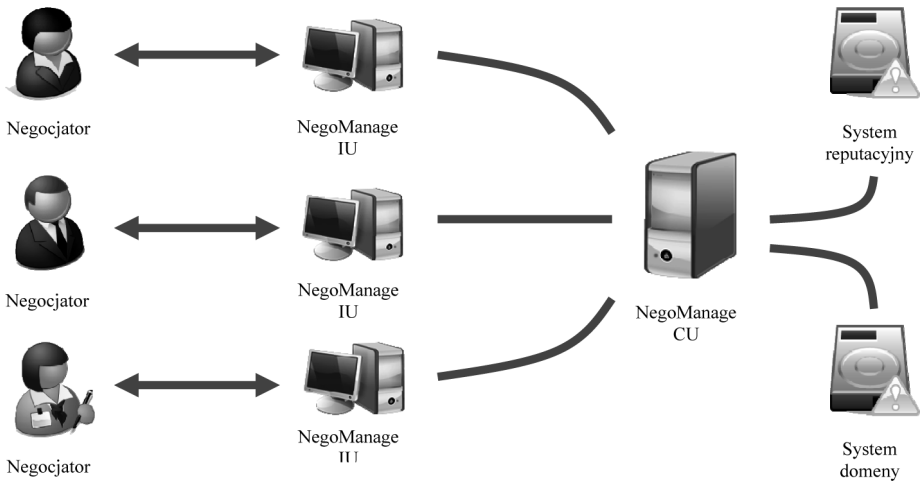
1. Wstęp

System wspomaganie negocjacji *NegoManage* [Brzostowski, Wachowicz 2009] pozwala na negocjowanie ugody w przestrzeni wielu kwestii. Jednakże rozwiązanie otrzymane przez negocjatorów może nie być Pareto-optymalne. Dlatego też w niniejszej pracy proponujemy poprawę ugody poprzez znalezienie rozwiązania bliskiego rozwiązania otrzymanego przez strony, które jest Pareto-optymalne. Do wykonania tego zadania proponujemy wygenerowanie aproksymacji granicy Pareto oraz wyznaczenie wariantu leżącego na granicy Pareto, który jest najbliższy rozwiązaniu otrzymanego przez negocjatorów w drodze negocjacji i wymiany ofert. Taka procedura wymaga wzięcia pod uwagę struktur preferencji obydwu stron oraz zagregowania tychże struktur, w celu wyznaczenia granicy Pareto. Takie podejście jest powiązane z pracami opisującymi koncepcje rozwiązań przetargowych w modelach kooperatyw-

nych. Koncepcje rozwiązań przetargowych stanowią podstawę systemów mediacyjnych, w których dokonuje się fuzji funkcji użyteczności negocjujących stron, w celu otrzymania optymalnego rozwiązania, zgodnie z zestawem aksjomatów. Jeśli negocjatorzy zgadzają się na aksjomaty prowadzące do szczególnego rozwiązania, to wtedy poprzez system mediacyjny otrzymują takie rozwiązanie. Teorie, które są użyteczne we wsparciu procedury mediacji, były rozwijane przez Nasha [1950], Raiffę [1953], Kalai-Smorodinsky [Kalai, Smorodinsky 1975], Rotha [1979], Thomson [1970] i wielu innych. Problem przetargowy w sytuacji wielu kwestii zostaje sformułowany w teorii jako para: rozwiązanie negocjacyjne oraz punkt groźby (*disagreement point*) związany z pojęciem BATNA (*Best Alternative to Negotiated Agreement*). Dwie strony mogą uzyskać każdy wariant ze zbioru S wykonalnych dopuszczalnych, jeśli zgodzą się na zestaw aksjomatów zgodnych ze szczególnym rozwiązaniem przetargowym. Zgodnie z opinią Krusia [2002, 2008] argumentacja stojąca za wykorzystaniem rozwiązania przetargowego jako procedury mediacji dla dwóch stron jest następująca. Jeśli racjonalni gracze zgadzają się z zestawem aksjomatów – zasad, oraz akceptują je jako zasady *fair play*, dlaczego mieliby nie akceptować koncepcji rozwiązania spełniającego te aksjomaty. Istnieją rozwiązania dla klasycznego problemu przetargowego, które są egalitarne, np.: rozwiązanie przetargowe Nasha oraz rozwiązanie przetargowe Kalai-Smorodinskiego [Kalai, Smorodinsky 1975]. W naszej pracy nie stosujemy rozwiązania przetargowego, aby rozwiązać konflikt między graczami, lecz stosujemy rozwiązanie przetargowe do poprawy rozwiązania otrzymanego dotychczas w inny sposób. Innymi słowy, w tej pracy nie interesuje nas podejście egalitarne, lecz chcemy znaleźć korektę rozwiązania otrzymanego w procesie iteracyjnej wymiany ofert, które jest bliższe rozwiązaniu Pareto-optymalnemu. W przypadku kiedy preferencje negocjatorów daje się prosto modelować i wyrazić *explicite* za pomocą wielokryterialnej funkcji użyteczności lub funkcji oceny (por. [Keeney, Raiffa 1976]), poprawy rozwiązania negocjacyjnego można dokonać z wykorzystaniem niektórych proponowanych wcześniej procedur postoptymalizacyjnych (por. [Michałowski, Szapiro 1992]). W sytuacji kiedy struktury preferencji negocjatorów nie są modelowane za pomocą wyrażonych analitycznie funkcji preferencji, jedynie za pomocą reprezentacji kategorii jakości ofert z charakterystycznymi dla nich funkcjami przynależności poszczególnych wariantów do danej kategorii, problem ten staje się nieco bardziej skomplikowany. W niniejszej pracy postaramy się przybliżyć autorską ideę poprawy rozwiązania negocjacyjnego, którą można zastosować, gdy w analizie preferencji negocjatorów wykorzystano sposób identyfikowania preferencji oparty na przykładach ofert klasyfikowanych do powierzchni indyferencji. W rozdziale drugim przybliżymy istotę systemu *NegoMange*. Trzeci rozdział stanowi przegląd istniejących rozwiązań przetargowych. W czwartym rozdziale przedstawiamy procedurę polepszenia ugody. Rozdział piąty zawiera wnioski.

2. System *NegoManage*

System *NegoManage* jest platformą negocjacyjną wspierającą negocjatorów we wszystkich fazach procesu negocjacyjnego. Składa się on z dwóch modułów. Pierwszy służy do analizy preferencji i w konsekwencji do wygenerowania systemu ocen ofert negocjacyjnych. Tenże moduł jest używany *off-line* na stacji roboczej użytkownika (*NegoManage IU*). Natomiast moduł drugi służy do przeprowadzenia właściwej fazy negocjacji poprzez iteracyjną wymianę ofert i kontrofert dwóch stron konfliktu. Moduł ten jest umieszczony na centralnym serwerze i jest używany *on-line* przez obydwie strony negocjacji (*NegoManage CU*). Jednostka centralna *NegoManage* wspomagana jest przez różnego rodzaju silniki analityczne wspierające pewne dodatkowe funkcjonalności systemu. Architekturę systemu przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat konfiguracyjny systemu *NegoManage*

Źródło: [Brzostowski, Wachowicz 2011a].

Negocjator rozpoczyna pracę z systemem, dokonując strukturyzacji problemu negocjacyjnego, a mianowicie wyznacza kwestie negocjacyjne oraz zakresy akceptowalnych wartości (poziomów realizacji) dla każdej kwestii. W następnym etapie negocjator analizuje swoje preferencje w celu otrzymania funkcji użyteczności. Preferencje zostają opisane w postaci zestawu powierzchni indyferencji oraz lingwistycznych wartości użyteczności przypisanych do tychże powierzchni. Zestaw tych powierzchni z przypisanymi do nich użytecznościami stanowi podstawę do zbudowania przez moduł analizy preferencji systemu scoringowego. Na etapie oceny wariantu negocjacyjnego stosujemy wartość oczekiwaną użyteczności von Neumanna-Morgensterna w celu wyznaczenia użyteczności dla wariantu wybranego do oceny. Wartość oczekiwana jest obliczana z wykorzystaniem wiedzy zawartej w systemie

scoringowym. Szczegółowy opis generowania systemu oceny ofert negocjacyjnych w systemie *NegoManage* znaleźć można w pracy Brzostowskiego i Wachowicz [2012].

Na etapie poprawy rozwiązania, który jest tematem niniejszej pracy, ten sam system scoringowy zostaje wykorzystany do wyznaczenia profilu użyteczności obydwu graczy, który z kolei jest potrzebny do obliczenia granicy Pareto.

3. Rozwiązanie przetargowe w modelach kooperatywnych

Jak już wspomniano we wstępie, poszukujemy poprawy rozwiązania negocjacyjnego, które jest Pareto-optymalne. W literaturze proponuje się różne rozwiązania przetargowe. Nasza korekta rozwiązania zostanie wyznaczona w formie rozwiązania Gupty-Livne'a [Gupta, Livne 1988]. W tym rozdziale przytaczamy jednak również rozwiązanie przetargowe Nasha [Nash 1950], ponieważ jest to najbardziej popularna koncepcja rozwiązania w modelach kooperatywnych. Negocjatorzy negocjują wariant $\bar{a} \in A$, gdzie A jest zbiorem możliwych wariantów. Jeśli negocjatorzy uzyskają ugodę, otrzymują wypłaty podyktowane ich funkcjami użyteczności: $u_i : A \rightarrow [0, 1]$, $i \in \{1, 2\}$. Jeśli negocjatorzy nie dojdą do ugody, otrzymują wypłaty zgodne z punktem groźby, dla którego użyteczności obydwu stron są równe. Zbiór wariantów dopuszczalnych (nazwijmy go F) jest ograniczony przez linię optymalności Pareto. Formalnie gra przetargowa jest opisana przez zbiór wariantów wykonalnych w przestrzeni profili użyteczności oraz przez punkt groźby: (F, d) . Rozwiązanie przetargowe Nasha jest wyznaczone przez cztery aksjomaty, które muszą być spełnione:

- Niezmiennność pod wpływem przekształcenia afinicznego
- Symetria (również znana jako aksjomat anonimowości)
- Niezależność od wariantów nieistotnych
- Efektywność w sensie Pareto

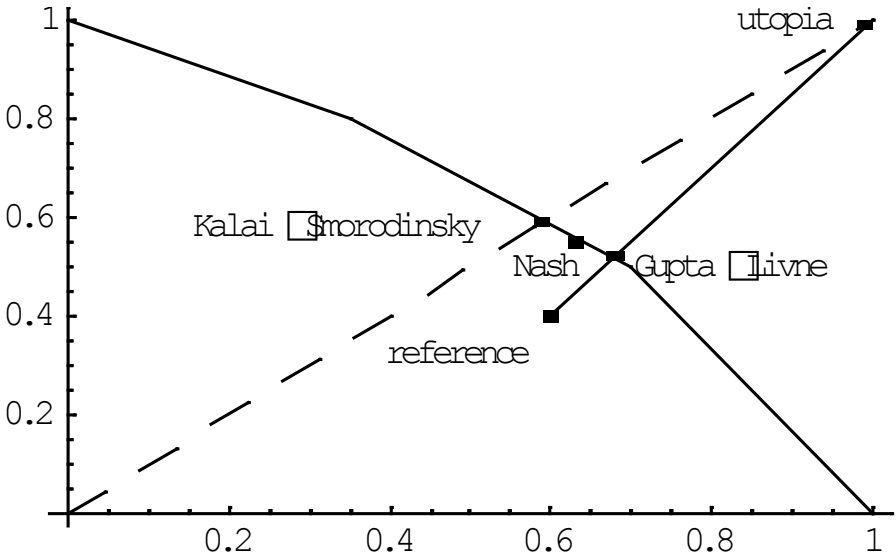
Unikatowe rozwiązanie spełniające powyższe aksjomaty może zostać uzyskane w postaci:

$$\bar{a}' = \arg \max_a (u_1(a) - u_1(d))(u_2(a) - u_2(d)).$$

Innym popularnym rozwiązaniem przetargowym jest rozwiązanie Kalai-Smorodinskiego [Kalai, Smorodinsky 1975]. To rozwiązanie otrzymujemy, gdy trzeci aksjomat rozwiązania Nasha zamienimy na warunek monotoniczności. Wizualnie rozwiązanie Kalai-Smorodinskiego może zostać wyznaczone w przestrzeni profili użyteczności jako punkt przecięcia linii optymalności Pareto z linią łączącą punkt groźby z utopią.

Jak już wspomniano, nasz problem wymaga doboru rozwiązania przetargowego, które pozwala na poprawę już otrzymanego rozwiązania w procesie iteracyjnej wymiany ofert przez negocjatorów. Innymi słowy, mamy już pewne rozwiązanie pro-

blemu i poszukujemy jedynie rozwiązania lepszego w sensie efektywności Pareto. W tym celu zastosować można rozwiązanie Gupty-Livne'a, które jest pokrewne rozwiązaniu Kalai-Smorodinskiego.

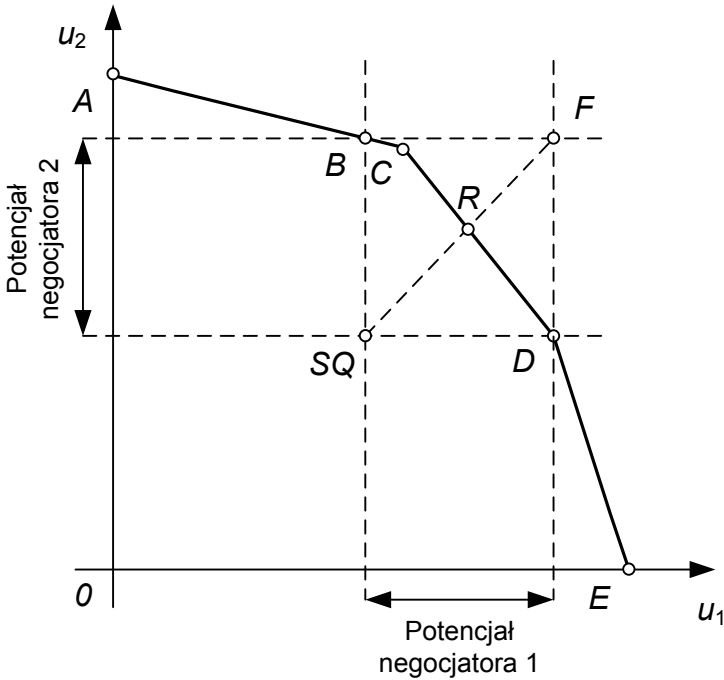


Rys. 2. Ilustracja różnych rozwiązań przetargowych

Źródło: [Faratin 2000].

4. Procedura polepszenia ugody

W naszej szczególnej sytuacji negocjatorzy uzyskali ugodę poprzez iteracyjny proces wymiany ofert. Jak już wspomniano w poprzednim rozdziale, nie stosujemy więc klasycznego rozwiązania przetargowego, gdyż potrzebujemy tylko skorygować ugodę uzyskaną wcześniej. Ponieważ rozwiązanie uzyskane dotychczas nie jest zwykle optymalne w sensie Pareto, skorygujemy je w celu doprowadzenia kompromisu do optymalności w sensie Pareto. Ideą użyteczną dla rozwiązania tego problemu jest właśnie rozwiązanie Gupty-Livne'a [Gupta, Livne 1988]. Owo rozwiązanie wskazuje na wariant optymalny w sensie Pareto, ulokowany na linii łączącej referencję z utopią. Referencja, w naszym przypadku, jest dotychczasową ugodą otrzymaną w procesie negocjacji. Natomiast utopia jest profilem użyteczności wyznaczonym przez poziomy aspiracji obydwu graczy. W celu wyznaczenia rozwiązania Gupty-Livne'a musimy wyznaczyć w pierw granicę Pareto, a następnie odnaleźć punkt przecięcia granicy Pareto z linią łączącą referencję z utopią. Granicę taką możemy wyznaczyć, jako że system zna struktury preferencji obydwu graczy.



Rys. 3. Ilustracja potencjałów negocjacyjnych w przestrzeni profili użyteczności. Punkt F stanowi aspirację. Punkt SQ jest referencją. Natomiast punkt R jest rozwiązaniem polepszonym

Źródło: [Raiffa i in. 2002].

Od strony formalnej proponowane rozwiązanie poprawy ugody jest definiowane następująco. Przy założeniu istnienia ciągłej granicy Pareto w postaci zbioru profili użyteczności możemy zapisać granicę Pareto w postaci:

$$P_f = \{(u^1, u^2) : (\exists \bar{a} \mid u^1(\bar{a}) = u^1 \wedge u^2(\bar{a}) = u^2) \wedge \forall \bar{a} \in D \mid \\ \neg((u^1(\bar{a}), u^2(\bar{a})) \succ (u^1, u^2))\}$$

przy danych dwóch punktach w przestrzeni profili, \bar{u}_r, \bar{u}_u , z których pierwszy jest referencją ($\bar{u}_r = (u^1(\bar{a}_r), u^2(\bar{a}_r))$), a drugi utopią ($\bar{u}_u = (1, 1)$), definiujemy linię łączącą referencję z utopią w postaci zbioru punktów:

$$R = \{(u^1, u^2) : (u^1, u^2) = u_r + t \cdot (u_u - u_r), t \in [0, 1]\}.$$

Rozwiązanie Gupty-Livne'a jest częścią wspólną obydwu zbiorów:

$$\bar{u}_{GL} = R \cap P_f.$$

Dla profilu $\bar{u}_{GL} = (u_{GL}^1, u_{GL}^2)$ istnieje wariant negocjacyjny w przestrzeni wariantów dopuszczalnych postaci:

$$\bar{a} : u^1(\bar{a}) = u_{GL}^1 \wedge u^2(\bar{a}) = u_{GL}^2.$$

gdź \bar{u}_{GL} należy do granicy Pareto. Wariant ten jest poszukiwanym polepszeniem ugody.

Procedura wyznaczenia granicy Pareto jest obliczeniowo złożona w sytuacji, gdy rozpatrywanych jest wiele kwestii negocjacyjnych. Gdy funkcje oceny negocjatorów dane są *explicite*, wykorzystać można procedurę analizy ilorazów przyrostów użyteczności związaną z przejściami między kolejnymi poziomami realizacji wszystkich kwestii negocjacyjnych [Raiffa i in. 2002] czy procedurę bireferencyjną [Michałowski, Szapiro 1992]. System *NegoManage* nie generuje jednak funkcji użyteczności *explicite*. To, co jest dane w systemie *NegoManage*, to sekwencja powierzchni indyferencji wraz z przypisanymi do nich poziomami użyteczności. W celu stworzenia struktury preferencji pozwalającej na obliczanie granicy Pareto generujemy dyskretne funkcje użyteczności dla obydwu graczy. Dyskretne funkcje użyteczności są obliczane dla dyskretnych punktów siatki rozpiętej nad iloczynem kartezjańskim przestrzeni wszystkich rozpatrywanych kwestii. Innymi słowy, system oblicza wartości użyteczności tylko dla dyskretnego zbioru wariantów¹. Na przykład, jeśli rozpatrzmy dla wszystkich kwestii dyskretny zbiór punktów, iloczyn kartezjański wszystkich kwestii w przestrzeniach dyskretnych skutkuje siatką rozpiętą nad zbiorem wariantów. Użyteczności obliczone w tychże punktach dają w rezultacie strukturę preferencji negocjatora. Wspomnianą strukturę preferencji otrzymujemy w następujący sposób.

Najpierw definiujemy przestrzeń wszystkich wariantów w postaci zbioru:

$$D = [a_1, b_1] \times [a_2, b_2] \times \dots \times [a_n, b_n],$$

gdzie wartości a_i oraz b_i są odpowiednio lewym i prawym końcem przedziału dla i -tej kwestii. Procedura dyskretyzacji polega na wymianie przedziału dla kwestii na zbiór m dyskretnych punktów:

$$\{c_i^k \mid k \in \{1, \dots, m\}\} \subset [a_i, b_i].$$

W rezultacie zbiór D zostaje zamieniony na dyskretny zbiór wariantów S :

$$S = \{c_1^{k_1} \mid k_1 \in \{1, \dots, m\}\} \times \{c_2^{k_2} \mid k_2 \in \{1, \dots, m\}\} \times \dots \times \{c_n^{k_n} \mid k_n \in \{1, \dots, m\}\} \subset D,$$

$$S = \{(c_1^{k_1}, c_2^{k_2}, \dots, c_n^{k_n}) \mid k_1, k_2, \dots, k_n \in \{1, \dots, m\}\} \subset D,$$

$$c_i^{k_i} = a_i + k_i \frac{b_i - a_i}{m}, \quad k_i \in \{1, \dots, m\}.$$

¹ Szczegóły analizy preferencji systemu *NegoManage* znaleźć można w opracowaniu [Brzostowski, Wachowicz 2011b].

W następnym etapie obliczone zostają użyteczności w dyskretnych punktach siatki $(c_1^{k_1}, c_2^{k_2}, \dots, c_n^{k_n})$

$$u_1((c_1^{k_1}, c_2^{k_2}, \dots, c_n^{k_n})) = u_{k_1 k_2 \dots k_n}^1,$$

$$u_2((c_1^{k_1}, c_2^{k_2}, \dots, c_n^{k_n})) = u_{k_1 k_2 \dots k_n}^2.$$

W rezultacie w przestrzeni profili użyteczności dwóch graczy otrzymujemy zbiór punktów:

$$U = \{(u_{k_1 k_2 \dots k_n}^1, u_{k_1 k_2 \dots k_n}^2) \mid k_1, k_2, \dots, k_n \in \{1, \dots, m\}\}.$$

W celu uniknięcia skomplikowanego opisu profili użyteczności zamieniamy wielokrotne dolne indeksy na jeden indeks:

$$U = \{(u_{k_1 k_2 \dots k_n}^1, u_{k_1 k_2 \dots k_n}^2) \mid k_1, k_2, \dots, k_n \in \{1, \dots, m\}\} = \{(u_l^1, u_l^2) \mid l \in \{1, \dots, m^n\}\}.$$

W następnym etapie wyznaczamy aproksymację granicy Pareto. W celu otrzymania takiej aproksymacji wybieramy ze zbioru profili użyteczności U niezdominowane punkty. Punkty niezdominowane są punktami, dla których nie można znaleźć lepszych punktów w sensie efektywności Pareto. Formalnie punkty niezdominowane mogą zostać wyrażone następująco:

Profil użyteczności (u_k^1, u_k^2) jest niezdominowany, jeśli dla wszystkich innych punktów stwierdzenie jest spełnione:

$$\forall k \in \{1, \dots, m^n\} \wedge k \neq l \mid \neg(u_k^1, u_k^2) \succ (u_l^1, u_l^2),$$

gdzie znak \prec oznacza mocną dominację w sensie Pareto. Jak widać w powyższym wzorze, należy wykonać $m^n - 1$ porównań, aby sprawdzić, czy profil użyteczności jest zdominowany czy też nie. Jeśli będziemy postępować zgodnie z taką procedurą dla wszystkich punktów zbioru U , należy wykonać $(m^n - 1)m^n$ porównań. Sekwencja porównań pozwala na wyznaczenie aproksymacji granicy Pareto P poprzez wybranie ze zbioru U wszystkich niezdominowanych punktów:

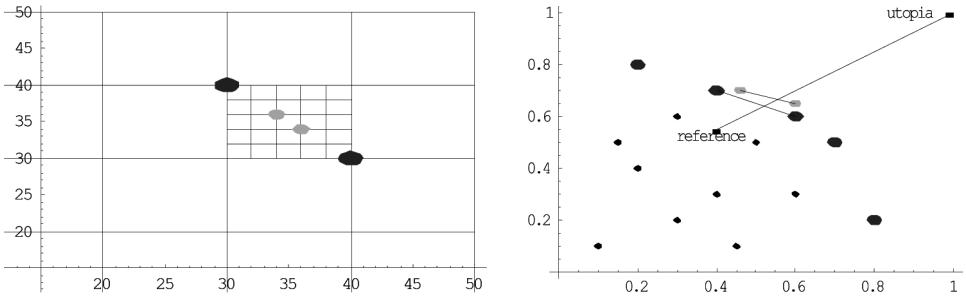
$$P = \{(u_l^1, u_l^2) \mid \forall k \in \{1, \dots, m^n\} \wedge k \neq l \mid \neg(u_k^1, u_k^2) \succ (u_l^1, u_l^2)\} \subset U.$$

Mając zbiór P , możemy wyznaczyć aproksymację rozwiązania Gupty-Livne'a. Aby wyznaczyć takie rozwiązanie, znajdujemy dwa punkty w zbiorze P , które leżą najbliżej linii łączącej referencję z utopią. Jeden z tych punktów będzie ulokowany poniżej niej. Natomiast drugi będzie ulokowany powyżej tejże linii. Następnie łączymy te dwa punkty linią w przestrzeni profili użyteczności, co daje nam aproksymację fragmentu granicy Pareto. Punkt przecięcia linii łączącej dwa punkty z granicy Pareto oraz linii łączącej referencję z utopią stanowi aproksymację rozwiązania Gupty-Livne'a.

Procedura wyznaczania rozwiązania Gupty-Livne'a przedstawiona powyżej jest obliczeniowo złożona, gdyż wymaga wielokrotnych porównań profili użyteczności prowadzących do aproksymacji granicy Pareto. Dlatego też proponujemy iteracyjną procedurę wyznaczania rozwiązania Gupty-Livne'a. W celu otrzymania pierwszej aproksymacji rozwiązania Gupty-Livne'a dokonujemy dyskretyzacji przestrzeni wariantów rzadką siatką, np. dzielimy przestrzeń kwestii małą liczbą punktów oraz obliczamy aproksymację granicy Pareto, co pozwala nam na otrzymanie pierwszej aproksymacji rozwiązania Gupty-Livne'a. Ponadto wybieramy dwa punkty leżące najbliżej linii łączącej referencję z utopią i na podstawie tych dwóch punktów wykonujemy następną iterację. Innymi słowy, dokonujemy dyskretyzacji dla podprzestrzeni wyznaczonej przez te dwa punkty. Następnie wyznaczamy ponownie aproksymację granicy Pareto w przestrzeni profili użyteczności ograniczonej przez prostokąt wyznaczony przez dwa punkty otrzymane w poprzedniej iteracji. Z nowego fragmentu granicy Pareto wybieramy ponownie dwa punkty najbliższe linii łączącej referencję z utopią. W drugiej iteracji te punkty są bliższe tej linii niż punkty w iteracji poprzedniej. W następnych iteracjach powtarzamy procedurę gęstszej dyskretyzacji w przestrzeni wariantów ograniczonej przez punkty zbliżające się do linii łączącej referencję z utopią. Po serii iteracji aproksymacje rozwiązania Gupty-Livne'a zbliżają się do właściwego rozwiązania, jako że otrzymujemy aproksymacje fragmentu granicy Pareto, które z kolei lokalnie aproksymują właściwą granicę Pareto z coraz to wyższą dokładnością. Podsumowując omówioną wyżej procedurę, podać możemy jej algorytm, który ma następującą postać:

1. W pierwszej iteracji otrzymujemy punkty ze zbioru P : $(u_1^1, u_1^2), (u_2^1, u_2^2)$. Te punkty odpowiadają dwóm wariantom w przestrzeni wariantów: $(c_1^1, c_2^1, \dots, c_n^1), (c_1^2, c_2^2, \dots, c_n^2)$.
2. Punkty otrzymane w poprzednim kroku stanowią ograniczenie dla podprzestrzeni wariantów, która jest w dalszym kroku dyskretyzowana.
3. W dyskretnej podprzestrzeni ograniczonej przez punkty $(c_1^1, c_2^1, \dots, c_n^1), (c_1^2, c_2^2, \dots, c_n^2)$ obliczamy wartości użyteczności dla obydwu graczy, dla wszystkich punktów w nowej podprzestrzeni, co daje w rezultacie zbiór punktów w przestrzeni profili użyteczności U .
4. Z nowego zbioru U wybieramy punkty niezdominowane w celu utworzenia fragmentu granicy Pareto P .
5. Wyznaczamy w zbiorze P dwa punkty najbliższe linii łączącej referencję z utopią w przestrzeni profili użyteczności $(u_3^1, u_3^2), (u_4^1, u_4^2)$.
6. Znajdujemy aproksymację rozwiązania Gupty-Livne'a, które stanowi punkt przecięcia linii łączącej punkty $(u_3^1, u_3^2), (u_4^1, u_4^2)$ oraz linii łączącej referencję z utopią.
7. Przechodzimy do kroku 2, jeśli rozwiązanie wciąż się poprawia.

Powyższą ideę poszukiwania poprawy rozwiązania ilustruje graficznie rys. 4.



Rys. 4. Idea wyznaczania poprawy rozwiązania negocjacyjnego

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 4 po lewej stronie ilustrujemy proces dyskretyzacji w dwóch krokach w przestrzeni dwóch wariantów. Dwa większe punkty dopowiadają dwóm wariantom na aproksymacji granicy Pareto zilustrowanej przez dwa większe punkty w przestrzeni profili użyteczności na rysunku po prawej stronie. Dwa mniejsze punkty połączone odcinkiem odpowiadają fragmentowi aproksymacji granicy Pareto otrzymanej w drugiej iteracji algorytmu.

Rozważymy teraz założenia, jakie powinien spełniać powyższy algorytm, aby był zbieżny. Przy założeniu istnienia ciągłej i monotonicznej granicy Pareto oraz przy odpowiednio gęstej dyskretyzacji algorytm jest zbieżny. Jak pokazano na rys. 4, wiemy, że istnieje granica Pareto, która nie jest znana. Zamiast ciągłej granicy paretowskiej mamy do dyspozycji jej aproksymację w postaci zestawu punktów ulokowanych w pobliżu właściwej krzywej, gdzie odległość ta zależy od rozdzielczości dyskretyzacji. Jednakże w pierwszej iteracji mamy do dyspozycji szereg punktów aproksymujących granicę Pareto, które byłyby zawarte w pierwszym (większym) czerwonym prostokącie o rozmiarach $(\Delta u_1^{(0)}, \Delta u_2^{(0)})$. Natomiast w drugiej iteracji prostokąt zostaje zawężony do prostokąta o rozmiarach $(\Delta u_1^{(1)}, \Delta u_2^{(1)})$. Każdy kolejny prostokąt zawiera fragment aproksymacji granicy Pareto, co wynika z monotoniczności funkcji opisującej granicę. Tym samym zestawy punktów aproksymujących granicę będą zawsze ulokowane wewnątrz prostokąta i tym samym, powielając kolejne iteracje, rozmiary kolejnych prostokątów ograniczających będą się zmniejszały i tym samym będą mogły osiągnąć dowolnie małe wartości zadane jako warunek terminacji. Zależność nieznannej granicy paretowskiej i prostokątów ograniczających rozważania w kolejnych iteracjach algorytmu przedstawiono na rys. 5. Jak widać, dyskretyzacja może być zbyt rzadka, a w takiej sytuacji kolejny prostokąt może nie zawierać fragmentu właściwej granicy paretowskiej.

6. Wnioski

W niniejszej pracy przedstawiliśmy nową procedurę poprawy rozwiązania negocjacyjnego otrzymanego uprzednio w iteracyjnym procesie wymiany ofert. Idea poprawy rozwiązania negocjacyjnego jest znana i opisana zarówno z metodologicznego punktu widzenia [Raiffa i in. 2002], jak i implementowana w różne narzędzia komputerowe wspomagania negocjacji (por. Inspire [Kersten, Noronha 1999]). Zazwyczaj jednak poprawy rozwiązania negocjacyjnego dokonuje się w przypadku, gdy funkcje oceny negocjatorów są dobrze zdefiniowane. W przypadku proponowanego przez nas systemu *NegoManage* sytuacja jest jednak odwrotna, nie są bowiem znane *explicit* funkcje oceny ofert negocjacyjnych. Zaproponowana przez nas procedura bazuje na koncepcji rozwiązania przetargowego Gupty-Livne'a. Ze względu na złożoność wyznaczania granicy Pareto w dyskretnej przestrzeni profili użyteczności zaproponowano również iteracyjną metodę wyznaczania rozwiązania, która znacznie zmniejsza złożoność obliczeniową procedury. W najbliższej przyszłości implementacja algorytmu polepszania ugody zostanie ukończona i zostanie przetestowana jako część procesu negocjacyjnego. Obecnie trwają prace nad implementacją mechanizmu poprawy rozwiązania. W przyszłości przeprowadzone zostaną testy użyteczności mechanizmu w ramach testów całego systemu.

Literatura

- Brzostowski J., Wachowicz T. [2009], *Conceptual Model of eNS For Supporting Preference Elicitation And Counterpart Analysis*, "Proceedings of GDN 2009: An International Conference on Group Decision and Negotiation", Wilfrid Laurier University, s. 182–186.
- Brzostowski J., Wachowicz T. [2011a], *Budowa systemu reputacyjnego z taksonomią aktów mowy do wspomagania działania systemu negocjacji elektronicznych*, [w:] *Wiedza i komunikacja w innowacyjnych organizacjach. Komunikacja elektroniczna*, red. M. Pańkowska, Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice, s. 30–55.
- Brzostowski J., Wachowicz T. [2011b], *Preference consistency analysis in the negotiation offers' evaluation system based on the concept of indifference set and extended linguistic scales*, [in:] *Multiple Criteria Decision Making '11*, ed. T. Trzaskalik, T. Wachowicz, The Publisher of The University of Economics in Katowice.
- Brzostowski J., Wachowicz T. [2012], *NegoManage – a Comprehensive Negotiation Platform*, [in:] *Group Decision and Negotiations 2012. Proceedings*, eds A. Teixeira de Almeida, D. Costa Morais, S. de Franca Dantas Daher. Editoria Universitaria, Federal University of Pernambuco, Recife, s. 107–118.
- Faratin P. [2000], *Automated Service Negotiation between Autonomous Computational Agents Ph.D. Dissertation*, University of London, Queen Mary College, London.
- Gupta S., Livne Z.A. [1988], *Resolving a conflict situation with a reference outcome: An axiomatic model*, "Management Science" 34(11), s. 1303–1314.
- Kalai E., Smorodinsky M. [1975], *Other solutions to Nash's bargaining problem*, "Econometrica", vol. 43 (3), s. 513–518.
- Keeney R., Raiffa H., [1976], *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, Cambridge University Press, New York.

- Kersten G.E., Noronha S.J. [1999], *WWW-Based Negotiation Support: Design, Implementation And Use*, "Decision Support Systems" 25, s. 135–154.
- Kruś L. [2002], *Multicriteria decision support in bargaining, a problem of players' manipulations*, [in:] *Multiple Objective and Goal Programming. Recent Developments*, Proceedings of the 4th international conference (MOPGP'00), Ustroń, Poland 2002, May 29-June 1, ed. T. Trzaskalik i in., Physica-Verlag, Heidelberg, s. 143–159.
- Kruś L. [2008], *Computer-based support of multicriteria cooperative decisions – some problems and ideas*, [in:] *Multiple Criteria Decision Making '07*, ed. T. Trzaskalik, Karol Adamiecki University of Economics Press, Katowice, s. 103–116.
- Michałowski W., Szapiro T. [1992], *A Bi-Reference Procedure for Interactive Multiple Criteria Programming*, "Operations Research" 40(2), s. 247–258.
- Nash J. [1950], *The Bargaining Problem*, "Econometrica" 18 (2), s. 155–162.
- Raiffa H. [1953], *Arbitration Schemes for Generalized Two-Person Games*, "Annals of. Math. Studiem" no. 28, s. 361–387.
- Raiffa H., Richardson J., Metcalf D. [2002], *Negotiation Analysis: The Science and Art of Collaborative Decision Making*, Belknap Press, Cambridge.
- Roth A. E. [1979], *Axiomatic Models of Bargaining*, "Lecture Notes in Economics and Math. Systems", vol. 170, Springer Verlag, Berlin.
- Thomson W. [1970], *Two Characterization of the Raiffa Solution*, "Economic Letters", vol. 6, s. 225–231.

IMPROVING NEGOTIATION OUTCOME IN THE NEGOMANAGE SYSTEM BY THE USE OF BARGAINING SOLUTION

Summary: The NegoManage system allows for reaching negotiation agreement in a space of multi-issue alternatives in an iterative manner (by exchanging offers and counter-offers). However, the negotiation outcome obtained in such an interaction may not be Pareto optimal. Therefore, in this work we propose an approach for improving the negotiation solution obtained in negotiation process by employing the bargaining solution proposed by Gupta and Livne. The Gupta and Livne bargaining solution is obtained by determining the point of intersection of the line connecting the reference (the solution to be improved) with utopia and the Pareto Optimal line in the space of utility profiles. Such an approach leads to agreement improvement located closer to the Pareto efficient solution. Moreover, we propose an iterative algorithm of determining the Pareto optimal solution, in order to reduce computational complexity of the algorithm.

Keywords: negotiations, Pareto optimality, electronic negotiations systems.