



POLSKA AKADEMIA NAUK
Instytut Badań Systemowych

**WIELOKRYTERIALNE DECYZJE
KOOPERACYJNE**

**METODY
WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO**

Lech Krus

Warszawa 2011



**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

**Seria: BADANIA SYSTEMOWE
Tom 70**

**Redaktor naukowy:
Prof. dr hab. inż. Jakub Gutenbaum**

Warszawa 2011

Rada redakcyjna serii: BADANIA SYSTEMOWE

Prof. Olgierd Hryniewicz - przewodniczący

Prof. Jakub Gutenbaum – redaktor naczelny

Prof. Janusz Kacprzyk

Prof. Tadeusz Kaczorek

Prof. Roman Kulikowski

Prof. Marek Libura

Prof. Krzysztof Malinowski

Prof. Zbigniew Nahorski

Prof. Marek Niezgódka

Prof. Roman Słowiński

Prof. Jan Studziński

Prof. Stanisław Walukiewicz

Prof. Andrzej Weryński

Prof. Antoni Żochowski



**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH**

Lech Kruś

**WIELOKRYTERIALNE DECYZJE
KOOPERACYJNE
METODY WSPOMAGANIA KOMPUTEROWEGO**

Warszawa 2011

**Copyright © by Instytut Badań Systemowych PAN
Warszawa 2011**

Dr inż. Lech Kruś
Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk
Newelska 6, 01-447 Warszawa
email: krus@ibspan.waw.pl

Recenzenci:

Prof. dr hab. inż. Ignacy Kaliszewski

Prof. dr hab. inż. Andrzej P. Wierzbicki

Skład: Lech Kruś i Urszula Kruś

Wydawca:

Instytut Badań Systemowych
Polska Akademia Nauk
Newelska 6, 01-447 Warszawa
www.ibspan.waw.pl

ISSN 0208-8029

ISBN 9788389475381

Wprowadzenie

W pracy rozważa się sytuacje decyzyjne, w których jest kilku decydentów negocjujących warunki możliwej współpracy. Problem dotyczy podziału efektów współpracy, przy czym każdy decydent ma swój odrębny, zestaw celów, które chciałby osiągnąć i kieruje się swoimi preferencjami. Cele te są w ogólnym przypadku konfliktowe, zarówno w przypadku każdego decydenta jak i między decydentami. Każdy decydent ma określony wektor kryteriów mierzących poziomy osiągnięcia jego celów, przy czym wartości tych kryteriów zależą od decyzji wszystkich decydentów. Sytuacje takie nazywane są sytuacjami kooperacyjnymi z wielokryterialnymi wypłatami decydentów. Zakłada się, że można zbudować model matematyczny opisujący taką sytuację decyzyjną a w szczególności pozwalający wyznaczyć wielokryterialne wypłaty decydentów w zależności od podejmowanych przez nich decyzji.

Praca dotyczy problemów metodologicznych związanych ze wspomaganie procesu decyzyjnego w takich sytuacjach przy wykorzystaniu modeli matematycznych. Przedstawia się podstawy teoretyczne i metody, które mogą być wykorzystane w konstrukcji systemów komputerowych wsparcia decyzyjnego.

Cechą charakterystyczną rozpatrywanych w pracy problemów w przypadku wielokryterialnych wypłat jest to, że każdy decydent ma do czynienia z pewnym zbiorem tzw. niezdominowanych rozwiązań, przy czym zbiory rozwiązań decydentów są wzajemnie współzależne. Zbiory niezdominowanych rozwiązań są na ogół niemożliwe do zapisania w formie analitycznej i przedstawienia decydentom w takiej formie do analizy. Możliwe jest natomiast wyznaczenie pewnej skończonej liczby punktów należących do tych zbiorów przy zastosowaniu metod obliczeniowych.

W uzupełnieniu do rozwijanych w pracy podstaw teoretycznych i metod wspomaganie decyzji kooperacyjnych, rozpatruje się również zagadnienia budowy i zastosowania systemów komputerowych nie tylko do wspomaganie analizy decyzyjnej dokonywanej indywidualnie przez każdego decydenta z uwzględnieniem jego preferencji, ale także do wspomaganie procesu mediacji, w trakcie którego generowane są propozycje mediacyjne.

Dla przypadku pojedynczego decydenta rozwinięte zostały metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Istnieje już obecnie bardzo wiele prac przeglądowych i monografii poświęconych metodom wielokryterialnego podejmowania decyzji. np. (Branke, Deb, Miettinen, Słowiński 2008), (Wierzbicki, Makowski, Vessels 2000), (Kaliszewski 1994, 2006), (Chankong, Haimes 1983), (Cohon, 1985), (Galas, Nykowski, Żółkiewski 1987), (Hwang, Masud, 1979), (Sawaragi, Nakayama, Tanino 1985), (Steuer 1986), (Yu 1985), (Zeleny 1982). Proponowane w tych pracach podejścia mają na celu umożliwienie decydentowi wyboru ze zbioru rozwiązań niezdominowanych rozwiązania zgodnego z jego preferencjami, przy zastosowaniu pewnej procedury przeglądania tego zbioru. Wykorzystywane są przy tym różne metody obliczeniowe.

Wśród stosowanych podejść na szczególną uwagę zasługują metody stosujące pojęcie tzw. funkcji osiągnięcia, wykorzystujących poziomy aspiracji czy punkty referencyjne, sprecyzowane przez decydenta, por. (Wierzbicki, 1982, 1986, Wierzbicki i inni 2000). W metodach tego typu stosowana jest interakcyjna procedura, w trakcie której decydent może coraz lepiej poznawać zbiór rozwiązań niezdominowanych, wyznaczając przy pomocy systemu komputerowego niektóre rozwiązania z tego zbioru. Odpowiednio dobierając punkty referencyjne może także kierować sposobem przeglądania tego zbioru i wybrać ostateczne rozwiązanie zgodnie ze swoimi preferencjami.

W przypadku kilku decydentów zagadnienie jest bardziej złożone, ponieważ istnieje wiele indywidualnych zbiorów rozwiązań niezdominowanych i zbiory te są współzależne. Decydenci mają zwykle różne cele, których osiągnięcie jest mierzone za pomocą kryteriów i mają różne preferencje. Rozwiązaniem całego problemu jest wariant, który zostanie zaakceptowany przez wszystkich decydentów. Decydenci mogą być w różnej tzw. *pozycji przetargowej*. Każdy z nich może mieć inny wpływ na wyniki współpracy. Wspomaganie procesu decyzyjnego rozumiane jest w tym przypadku jako wspomaganie decydentów w procesie analizy umożliwiającej lepsze rozumienie ich pozycji przetargowej, a także jako wspomaganie procesu negocjacji, tzn. pomoc w znalezieniu akceptowalnego przez nich wszystkich rozwiązania.

Istnieje obecnie wiele prac poświęconym analizie procesów negocjacji a także ich formalnemu opisowi, np. prace (Barclay, Peterson 1976), (Raiffa 1982), (Axelrod 1985), (Wierzbicki 1985, 1987, 1990), (Kersten, Szapiro 1986), (Kersten i inni 1988, 1991), Sebenius (1992, 2007). Idee komputerowego wspomagania procesów negocjacji oraz przykłady zbudowanych systemów można

znaleźć w pracach autorów: Goeltner (1987), Jarke, Jelassi, Shakun (1987), Kersten (1985, 1988), Korhonen, Moskowitz, Wallenius, Zions (1986), DeSanctis, Gallupe (1987), Shakun (1988), Nunamaker, Applegate, Konsynsky (1988), Korhonen, Wallenius, (1989), Nyhart, Samarasan (1989), Vetschera (1990), Teich, Wallenius, Kuula, Zions (1995), Ehtamo, Hamalainen (2001), Heiskanen, Ehtamo, Hamalainen (2001). Rozwijane są idee wspomagania negocjacji przez internet, w tym z wykorzystaniem systemów wieloagentowych, i zbierane jest doświadczenie stosowania takich systemów, np. (Kersten, Sunil 1999, Kersten i inni 2002, Kersten, Lo 2003, Chen i inni 2005, Vetschera, Kersten, Köszegei 2006, Vetschera 2007, Wachowicz 2006, 2008, Szapiro, Wojewnik 2007, 2008).

Monografia przedstawia specyficzne autorskie podejście do problemu negocjacji przy wielokryterialnych wypłatach decydentów.

Sytuację decyzyjną, w której znajdują się decydenci opisuje się za pomocą gier wielokryterialnych, w szczególności wielokryterialnego problemu targu i wielokryterialnych gier koalicyjnych. Wypłaty w takich grach rozpatrywane są w przestrzeni będącej iloczynem kartezjańskim przestrzeni kryteriów poszczególnych decydentów. W momencie rozpoczęcia badań w latach 80-ych ubiegłego wieku, teoria takich gier nie była jeszcze rozwinięta. Zaproponowano więc i przedstawia się w pracy odpowiednie sformułowania takich gier, koncepcje ich rozwiązań i analizę właściwości. Proponowane koncepcje rozwiązań charakteryzują się tym, że uwzględniają preferencje każdego z decydentów.

Proponuje się konstrukcję wielorundowych procedur wspomagających analizę decyzyjną wykonywaną przez decydentów jak i proces mediacji z wykorzystaniem koncepcji rozwiązań teorii gier. W każdej rundzie takiej procedury każdy decydent przeprowadza

analizę wielokryterialną osiągalnych wypłat w swojej przestrzeni kryteriów, co umożliwi mu wskazanie swoich preferencji. Informacje o tych preferencjach umożliwiają z kolei wyliczenie propozycji mediacyjnej. Propozycja mediacyjna wyznaczana jest na podstawie jednej z proponowanych w pracy koncepcji rozwiązania gry wielokryterialnej. Propozycja mediacyjna uwzględnia preferencje wszystkich decydentów i jest przedmiotem indywidualnej analizy przez decydentów w kolejnej rundzie.

W pracy opisano, jak taka procedura może być zaimplementowana w konstrukcji komputerowego systemu wsparcia decyzyjnego.

Zaproponowane w pracy podejście stanowi uzupełnienie ewentualnie alternatywę do podejść prezentowanych w cytowanej wyżej literaturze.

Układ pracy jest następujący.

W rozdziale 2 przedstawia się podstawowe pojęcia i idee wielokryterialnej optymalizacji. Szczególną uwagę zwrócono na metodę punktu referencyjnego z wykorzystaniem funkcji osiągnięcia A.P. Wierzbickiego, ponieważ metoda ta jest wykorzystywana w proponowanych procedurach wspomagających analizę i proces mediacji, przedstawionych w dalszej części pracy.

Rozdział 3 wprowadza podstawowe pojęcia dotyczące negocjacji i klasycznej teorii gier. Klasyczną jest nazywana teoria gier rozwijana przy założeniu skalarnych wypłat graczy.

Kolejne rozdziały 4 - 9 zawierają oryginalne wyniki w zakresie przedmiotowym monografii uzyskane w trakcie prowadzonych badań.

Rozdział 4 zawiera ogólne sformułowanie wielokryterialnego problemu decyzyjnego w sytuacjach kooperacyjnych. Podaje się

definicję wielokryterialnego problemu targu. Proponuje się kilka koncepcji rozwiązań, stanowiących uogólnienie rozwiązań znanych z literatury. Rozwiązania te są określane z wykorzystaniem wprowadzonej, oryginalnej koncepcji tzw. punktu względnej utopii. Punkt ten uwzględnia preferencje decydentów określone w ich przestrzeniach kryteriów. Analizuje się właściwości tych rozwiązań i ich relacje.

Przedstawia się następnie możliwości wykorzystania tych rozwiązań w interakcyjnych procedurach mediacyjnych (Rozdział 5). Inspiracją do formułowania takich procedur były koncepcje i metody negocjacji (Raiffa 1982) stosowane w praktyce, np. zakończone sukcesem rokowania izraelsko-egipskie w Camp David. Proponuje się oryginalną procedurę, w której wprowadza się i łączy dwa sposoby wspomaganie decyzyjnego: tzw. jednostronne i wielostronne. Wspomaganie jednostronne pozwala każdemu z decydentów biorących udział w negocjacjach na niezależną analizę problemu bez uwzględnienia aktualnych decyzji pozostałych decydentów. Wspomagana jest analiza wielokryterialna wykonywana przez każdego z decydentów metodą punktu referencyjnego z użyciem funkcji osiągnięcia. We wspomaganium wielostronnym uwzględnione są aktualne decyzje wszystkich decydentów. Taki sposób wspomaganie decyzyjnego umożliwia decydentom lepsze poznanie ich sytuacji przetargowej, wybór propozycji rozwiązań zgodnie z ich preferencjami, a także wspomaga znalezienie konsensusu, jako rozwiązania niezdominowanego, akceptowanego przez wszystkich decydentów.

Powyższa procedura została wykorzystana w konstrukcji komputerowego systemu wsparcia decyzyjnego MCBARG. Strukturę

i funkcje tego systemu omawia się w rozdziale 6. System ten umożliwia budowę modelu problemu decyzyjnego opisywanego jako wielokryterialny problem targu i przeprowadzenie sesji negocjacyjnych z udziałem osób przyjmujących rolę decydentów w tym problemie. System wspomaga proces analizy wielokryterialnej dokonywany w każdej rundzie przez każdego decydenta oraz pełni rolę niezależnego mediatora i ułatwia decydentom znalezienie konsensusu. W rozdziale tym przedstawia się także przykłady dotyczące międzynarodowej współpracy w zakresie kwaśnych deszczów, oraz współpracy gospodarstw rolnych, modelowane jako wielokryterialny problem targu. Modele wielokryterialnego problemu targu dla tych przykładów zostały zbudowane z wykorzystaniem edytora systemu MCBARG a następnie wykorzystane w przeprowadzonych eksperymentalnych sesjach negocjacji.

W Rozdziale 7 rozpatruje się sytuacje decyzyjne opisywane za pomocą wielokryterialnych gier kooperacyjnych, uwzględniających możliwość tworzenia przez graczy koalicji. Przedstawia się rozwinięcie sformułowania klasycznych gier kooperacyjnych podanego przez Aumana (1967), oraz koncepcji rozwiązań na przypadek wielokryterialnych wypłat graczy. W przestrzeniach wielokryterialnych wypłat rozpatruje się różne sformułowania dominacji. Podaje się oryginalną propozycję koncepcji rozwiązania typu nukleolus, uwzględniającego preferencje wszystkich graczy. Przedstawia się także idee interakcyjnej procedury wspomagającej analizę i proces mediacji, w której zaproponowana koncepcja nukleolusa służy do wyznaczania propozycji mediacyjnych.

Rozdział 8 przedstawia rodzinę gier opisujących współpracę graczy zainteresowanych pozyskaniem pewnego zestawu dóbr przez realizację wspólnego projektu. Proponuje się i analizuje procedury alokacji kosztów między graczy, wykorzystujące mechanizm

cenowy oraz różne koncepcje rozwiązań. Przedstawia się także procedurę wspomagającą analizę problemu alokacji kosztów. Problem alokacji kosztów rozpatruje się także w kolejnym rozdziale 9 w klasie tzw. gier kooperacyjnych w postaci funkcji partycji. Gry takie opisują rzeczywiste sytuacje, w których wypłaty każdej koalicji zależą nie tylko od graczy, którzy ją tworzą, ale także od struktury koalicji tworzonych przez graczy pozostałych. W pracy rozwijana jest teoria takich gier. W szczególności formułuje się koncepcje rozwiązań, takich jak rdzeń gry i zbiory stabilne. Analizuje się właściwości tych rozwiązań.

Rozdział 10 zawiera podsumowanie najważniejszych wyników uzyskanych w trakcie dotychczasowych badań i prezentowanych we wcześniejszych rozdziałach oraz propozycje kierunków dalszych badań.

Monografię kończy bibliografia zawierająca 235 pozycji literatury i indeks.

Przedstawiane w pracy wyniki były prezentowane m.in. w niżej wymienionych pracach:

- w zakresie idei wspomagania negocjacji w wielokryterialnych sytuacjach kooperacyjnych: (Fortuna, Kruś 1984, Kruś 1985, Bronisz, Kruś 1987, 1988, 1989a, 1989b, Bronisz, Kruś, Wierzbicki 1989, Kruś 1991, Kruś, Bronisz 1993, Kruś 1996, 2002b, 2004b, Wierzbicki, Kruś, Makowski 1993),

- dotyczących systemu komputerowego MCBARG i przykładów wielokryterialnych problemów targu: (Kruś, Bronisz, Łopuch 1990, Kruś, Łopuch 1989, Kruś, Łopuch, Bronisz 1989, Kruś 1992a),

- dotyczących wielokryterialnych gier koalicyjnych, gier wielopremiotowych w zastosowaniu do alokacji kosztów, gier w postaci funkcji partycji: (Kruś, Bronisz 1995, 1996, 1998, 2000, Kruś 2008, 2009).

Lista ważniejszych wyników

W zakresie sytuacji kooperacyjnych modelowanych jako wielokryterialny problem targu:

- koncepcje indywidualnie niezdominowanych wypłat graczy oraz punktu względnej utopii (Definicje 4.1, 4.2),
- koncepcja uogólnionego rozwiązania Raiffy-Kalaia-Smorodinsky'ego i jego aksjomatyzacja (Twierdzenia 4.1. i 4.2),
- koncepcja uogólnionego rozwiązania leksykograficznego i jego aksjomatyzacja (Twierdzenie 4.3),
- koncepcja rozwiązania iteracyjnego (Twierdzenie 5.1. pokazujące właściwości tego rozwiązania),
- propozycja interakcyjnej procedury wspomagającej analizę i proces mediacji,
- zaprojektowanie i implementacja systemu komputerowego (MCBARG) wspomagającego analizę i proces mediacji w wielokryterialnym problemie targu, w tym algorytmizacja interakcyjnej procedury wymienionej wyżej,
- opracowanie przykładów ilustrujących wielokryterialny problem targu: współpracy gospodarstw rolnych, problemu kwaśnych deszczów.

W zakresie sytuacji kooperacyjnych modelowanych jako wielokryterialne gry koalicyjne bez wypłat ubocznych:

- sformułowanie założeń i koncepcji rozwiązań takiej gry (Definicje 7.1 - 7.4 oraz Twierdzenia 7.1 i 7.2),
- propozycja nukleolusa uwzględniającego preferencje decydentów a także zbadanie jego właściwości (Lematy 7.1 - 7.3, Twierdzenie 7.3),
- idea interakcyjnej procedury wspomagania negocjacji w sytuacjach decyzyjnych opisywanych przez wielokryterialną grę kooperacyjną.

W zakresie zastosowania gier koalicyjnych w problemach alokacji kosztów:

- sformułowanie problemu alokacji kosztów z wykorzystaniem mechanizmu cen, jako wielopredmiotowej gry kooperacyjnej (Definicje 8.1-8.5),
- koncepcja rozwiązania wg idei Shapley'a i analiza właściwości (Twierdzenie 8.1),
- koncepcja nukleolusa i analiza jego właściwości (Twierdzenie 8.3),
- idea iteracyjnej procedury wspomagającej analizę wielokryterialną,
- propozycje i zbadanie właściwości rozwiązań gier kooperacyjnych w postaci funkcji partycji, formułowanych przy słabszej relacji dominacji niż przyjmowane w literaturze,
- pokazanie, że nukleolus i rdzeń w takich grach mogą być wyznaczone jako analogiczne koncepcje rozwiązań odpowiednio sformułowanych gier w postaci funkcji charakterystycznej (Twierdzenia 9.2 i 9.5).

Podstawowe pojęcia z zakresu negocjacji, teorii targu i gier kooperacyjnych

Negocjacje są procesem uzgadniania decyzji w sytuacjach, w których ich uczestnicy (podmioty gospodarcze, władze, kraje jak i osoby na targu) mają odmienne interesy.

3.1 Negocjacje pozycyjne

Klasycznym przykładem negocjacji pozycyjnych jest proces targowania o cenę pewnego towaru, np. sprzedawanego domu, między sprzedającym a kupującym. Każda ze stron targu ma odpowiednio swoją tzw. cenę rezerwacji. W przypadku kupującego jest to maksymalna cena, za którą jest gotów kupić dany towar, a w przypadku sprzedającego - cena minimalna, za którą jest gotów ten towar sprzedać. W kolejnych rundach negocjacji pozycyjnych, sprzedający i kupujący podają propozycje cen, próbując ustalić cenę końcową (zwaną ceną porozumienia), na którą obaj się zgodzą. Wstępne propozycje cen, zwane pozycjami otwarcia, różnią się na ogół znacznie od cen rezerwacji. Negocjacje pozycyjne ilustruje Rys. 3.1. Na osi poziomej przedstawia się wartość negocjowanej ceny. PO1 i PO2 oznaczają pozycje otwarcia, a PR1 i PR2 oznaczają odpowiednio ceny rezerwacji sprzedającego (1) i kupującego



Rysunek 3.1. Schemat negocjacji pozycyjnych

(2). Zauważmy, że przedział cen między PO1 i PR1 określa obszar, w którego obrębie może negocjować racjonalny sprzedający. Odpowiednio przedział między PO2 a PR2 stanowi obszar negocjacji kupującego. Przedział między PR1 a PR2 określa *obszar zgodności*, w którego obrębie może być zawarte porozumienie. Każdej ze stron targu (sprzedającemu i kupującemu) zależy na zawarciu takiego porozumienia, które leżałoby najbliżej pozycji - ceny - będącej jak najgorszą dla drugiej strony, ale która mogłaby być jednak przez tę drugą stronę zaakceptowana. Podstawowe znaczenie dla osiągnięcia sukcesu danej strony w negocjacjach pozycyjnych ma właściwe oszacowanie granicy możliwych ustępstw drugiej strony. Oszacowania takiego należy dokonać, jeśli jest to możliwe, jeszcze przed rozpoczęciem właściwych negocjacji. Istotne jest również, już w trakcie negocjacji, możliwe wczesne zorientowanie się, kiedy wymieniane w trakcie negocjacji propozycje wkroczyły już w przedział cen akceptowalnych przez drugą stronę. Na szkoleniach technik negocjacyjnych formułuje się zwykle szereg zaleceń, którymi powinien się kierować negocjator:

- przed przystąpieniem do negocjacji należy dobrze określić swoją pozycję rezerwacji.
- starać się uzyskać informacje o drugiej stronie poza stołem negocjacyjnym.
- nie sugerować się wstępną propozycją drugiej strony. Druga strona zostawiła sobie na pewno pole manewru.

- zdobywać informacje w trakcie negocjacji od drugiej strony, w szczególności dane dotyczące ograniczeń, istotnych dla drugiej strony elementów, potrzeb, w celu oszacowania, co w danej chwili druga strona skłonna byłaby zaakceptować.
- korzystać z informacji zawartych w komunikacji niewerbalnej.
- nie ustępować w kwestiach ważnych.
- ustępować powoli, zmniejszać wielkość ustępstw. Nie ustępować za darmo - uzyskiwać za każde swoje ustępstwo, także ustępstwo drugiej strony.

W celu określenia swojej pozycji rezerwacji istotne jest określenie *najlepszej alternatywy dla negocjowanego porozumienia (BATNA)* (ang. Best Alternative To Negotiated Agreement), patrz (Fisher, Ury 1981), (Raiffa 1982). Pojęcie BATNA oznacza alternatywę satysfakcjonującą interesy danej strony, którą ta strona może przyjąć, jeśli nie dojdzie do porozumienia ze stroną drugą. W przykładzie ilustrowanym na Rys. 3.1 ceny rezerwacji każdej strony powinny być określone zgodnie z koncepcją BATNA. W celu ich ustalenia pomocne może być zebranie informacji np. o cenach podobnych transakcji dokonanych wcześniej, porównanie innych ofert na rynku.

Rozróżnia się dwie strategie postępowania w negocjacjach pozycyjnych. Negocjacje ze strategią twardą, w których po przedstawieniu propozycji stwierdza się twardo, że z propozycji tej się nie ustąpi. Alternatywą są negocjacje ze strategią miękką, w których po przedstawieniu wstępnej propozycji, sugeruje się możliwość ustępstw. W przypadku prostych, jednoprezydentowych, niepowtarzalnych negocjacji, strategia twarda jest zwykle wygrywającą. W bardziej złożonych negocjacjach wieloprezydentowych i powtarzalnych, zastosowanie strategii miękkiej, może dać lepsze

wyniki, jeśli obie strony ją zastosują. Negocjatorzy stosują czasami tzw. brudne chwytły. Może do nich należeć podawanie nieprawdziwych informacji, wojna psychologiczna polegająca na manipulowaniu otoczeniem negocjacji prowadzącym do dyskomfortu przeciwnika i inne. W przypadkach bardziej złożonych, negocjacje pozycyjne mogą nie doprowadzić do porozumienia. Często następuje impas i całkowite załamanie negocjacji. Zauważmy także, że jeśli nawet kontrakt zostanie zawarty, ale pod presją, z odczuciem pokrzywdzenia jednej ze stron, może być zerwany w przyszłości.

3.2 Negocjacje zasadnicze

Negocjacje zasadnicze stanowiące alternatywę dla negocjacji pozycyjnych są stosowane zwłaszcza na szczeblu międzynarodowym. Podstawowa idea tych negocjacji polega na odstąpieniu od negocjacji pozycji, przy których strony zwykle się upierają i zastąpieniu tych negocjacji dyskusją i negocjowaniem zasad, na których budowane będzie porozumienie.

Istotną, pozytywną cechą negocjacji zasadniczych, jest możliwość lepszego zrozumienia intencji, celów i potrzeb drugiej strony. Często nie wszystkie interesy stron są przeciwstawne. Odejście od formułowania twardej pozycji i zastąpienie ich dyskusją zasad ułatwia znalezienie rozwiązań wzajemnie korzystnych, sprzyja wzrostowi wzajemnego zaufania, a także sprawia, że osiągnięte rozwiązanie może być traktowane przez strony jako korzystne i sprawiedliwe.

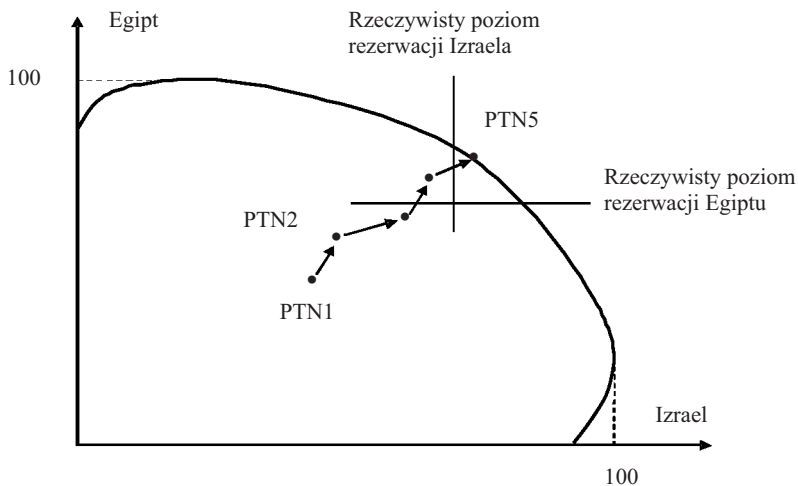
Idea negocjacji zasadniczych została przedstawiona m.in. w książce (Fisher, Ury 1981). W książce tej podano szereg przykładów, zaleceń dla negocjatorów, a także trików stosowanych w negocjacjach zasadniczych. Pierwszym elementem sukcesu jest przekonanie drugiej strony do negocjacji zasad, a nie pozycji. Fisher i Ury podają przykłady i zalecenia jak można to osiągnąć. Podstawowa strategia polega na twardym negocjowaniu zasad, ale „łagodnym” podejściu do osobowości drugiej strony. W szczególności należy oddzielić osobowość od negocjowanego problemu, koncentrować się na motywacjach i interesach i szukać rozwiązań wzajemnie korzystnych.

3.3 Procedura pojedynczego tekstu w negocjacjach międzynarodowych

Metodą przełamania impasu w twardych negocjacjach pozycyjnych jest procedura pojedynczego tekstu negocjacyjnego (SNT) (ang. Single Negotiation Text procedure). Procedura ta została zaproponowana przez Fishera (1971) i jest często stosowana w negocjacjach międzynarodowych. Raiffa (1982) opisał tę procedurę w przypadku negocjacji w Camp David prowadzonych w 1978 r., dotyczących ustanowienia pokoju na Bliskim Wschodzie między Egiptem i Izraelem. W negocjacjach uczestniczyły: Egipt i Izrael jako przeciwnicy - strony konfliktu, oraz Stany Zjednoczone jako mediator. Zgodnie z procedurą SNT, Stany Zjednoczone przygotowywały pakiety propozycji, przedstawiane następnie pod uwagę przeciwników. Każdy pakiet rozumiany był jako pojedynczy tekst negocjacyjny - pewien tekst porozumienia poddawany krytyce

przeciwników, a następnie wielokrotnie modyfikowany w iteracyjny sposób. Tekst ten pozwalał skoncentrować uwagę przeciwników na tym samym zestawie zagadnień. Proces negocjacji rozpoczął się od pierwszego tekstu, który wzbudził wiele krytycznych opinii ze strony przeciwników. Na podstawie tych opinii, Stany Zjednoczone przedstawiły następny, poprawiony tekst negocjacyjny. Procedura miała charakter progresywny, tzn. każdy następny tekst był korzystniejszy dla obu stron od poprzedniego. Ostatecznie proces zakończył się porozumieniem, na podstawie którego zastał w 1979 r. zawarty traktat pokojowy.

Ilustrację procedury pojedynczego tekstu negocjacyjnego przedstawiono schematycznie na rys. 3.2 zapożyczonym z pracy Raiffy (1982). Osie wykresu reprezentują poziom dyskutowanego porozumienia („wypłatę”) dla każdej ze stron w skali od 0 do 100 %.



Rysunek 3.2. Ilustracja negocjacji w Camp David

Na rys. 3.2 linia krzywa wyznacza zbiór dopuszczalnych porozumień. Przedstawiono również rzeczywiste poziomy rezerwacji Egiptu i Izraela. Punkty PTN1 - PTN5 oznaczają kolejne propozycje – pojedyncze teksty negocjacyjne przygotowane przez mediatora (Stany Zjednoczone), a następnie dyskutowane przez oponentów i poprawiane przez mediatora. Zauważmy, że zgodnie z przedstawionym schematem, czwarty tekst negocjacyjny T4 przekroczył poziom rezerwacji Egiptu, a tekst piąty przekroczył także poziom rezerwacji Izraela, osiągnął brzeg obszaru dopuszczalnego i stanowił rozwiązanie zaakceptowane przez obu oponentów.

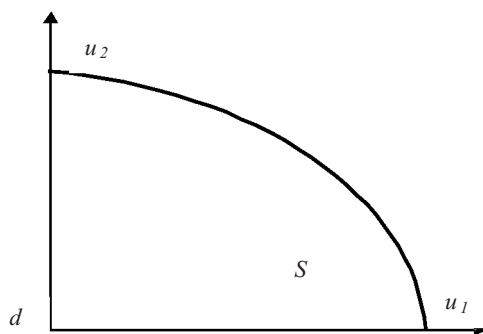
Spotkanie w Camp-David rozpoczęło się od twardych negocjacji pozycyjnych tak, że Prezydent Anwar El Sadat reprezentujący Egipt i Premier Menachem Begin reprezentujący Izrael przestali w ogóle rozmawiać w drugim dniu spotkania. Procedura pojedynczego tekstu negocjacyjnego Fishera została zastosowana w celu przełamania impasu. Rzeczywista liczba iteracji i przygotowanych pojedynczych tekstów negocjacyjnych wyniosła ponad 20. Stany Zjednoczone reprezentowane przez Prezydenta Jimmy Cartera odegrały rolę silnego mediatora. Mogły zaoferować antagonistom pomoc ekonomiczną oraz dostawy sprzętu wojskowego o zaawansowanej technologii. W interesie Stanów Zjednoczonych było z kolei zawarcie porozumienia bez udziału ZSRR. Osiągnięcie porozumienia w Camp-David rzeczywiście i istotnie osłabiło wpływy ZSRR w regionie Bliskiego Wschodu.

3.4 Modele teorii targu

Prace nad aksjomatyczną teorią targu zostały zapoczątkowana przez Nash'a (1950) dla przypadku dwóch graczy, a następnie rozwijane przez wielu innych badaczy. Teoria ta dotyczy problemu

podejmowania przez graczy wspólnych decyzji spośród pewnego danego zbioru decyzji dopuszczalnych. Podstawowe założenie tej teorii jest związane z przyjęciem miary korzyści każdego z graczy wyrażanej przy użyciu funkcji użyteczności wprowadzonej przez von Neumana, Morgensterna (1944). Zakłada się, że funkcja ta jest znana dla każdego z graczy. Korzyści, jakie gracze mogą uzyskać w wyniku uzgodnienia i podjęcia wspólnej decyzji rozpatrywane są w przestrzeni ich użyteczności i porównywane z przypadkiem, gdy takiej decyzji nie uzgodnią. Słowo „klasyczna” jest używane dla odróżnienia od przypadku rozpatrywanego w następnym rozdziale, w którym wypłaty graczy mają charakter wielokryterialny.

Klasyczny problem targu formułowany jest jako para (S, d) , gdzie $S \subset \mathbb{R}^2$, zwany zbiorem porozumień, określa zbiór wypłat korzystnych dla obu graczy w porównaniu z punktem d , osiągalnych w przypadku zgodnej decyzji, natomiast $d \in \mathbb{R}^2$ jest tzw. punktem status quo (punktem braku porozumienia), określającym wypłaty graczy w przypadku, gdy zgodnej decyzji nie podejmą. Przykład ilustrujący problem targu przedstawiony jest na Rys. 3.3. Na rysunku tym punkt d i zbiór S przedstawione są w przestrzeni maksymalizowanych użyteczności, odpowiednio u_1 gracza 1 i u_2 gracza 2. Problem decyzyjny polega na wyborze



Rysunek 3.3. Przykład problemu targu

takiego punktu ze zbioru S , na który zgodzą się obaj gracze. Zagadnienie targu opisuje zarówno prosty problem targowania o cenę produktu sprzedawanego na bazarze, jak i złożone problemy dotyczące współpracy podmiotów ekonomicznych i podziału korzyści wynikających z tej współpracy.

Nash (1950) sformułował wymagania na rozwiązanie problemu w postaci zestawu aksjomatów opisujących relacje między zbiorem dopuszczalnych wypłat (tj. zbiorem porozumień S) i punktem status quo, a końcową wypłatą graczy. Aksjomaty te opisują nie tyle samo rozwiązanie, ale pewne racjonalne zasady dotyczące wyboru rozwiązania. Aby mogły być akceptowane przez graczy, zasady te powinny odzwierciedlać ich odczucia sprawiedliwego wyboru. Przedmiotem rozważań Nash'a był problem targu spełniający założenia:

- (1) zbiór porozumień S jest zwarty i wypukły,
- (2) zbiór S jest niepusty i zawiera co najmniej jeden punkt $x \in S$ taki, że $x \gg d$ tzn. x silnie dominuje d (zgodnie z pojęciem dominacji określonym w sekcji 2.1),
- (3) punkt status quo $d \in S$, oraz dla dowolnego $x \in S$, spełnione jest $x \geq d$ tzn. x słabo dominuje d .

Rozwiązanie problemu targu rozumiane jest jako pewna funkcja f przypisująca problemowi (S, d) spełniającemu założenia (1)-(3) wypłatę końcową graczy $f(S, d) \in S$. Nash sformułował następujące aksjomaty nakładające wymagania na poszukiwane końcowe wypłaty $y \in \mathbb{R}^2$:

(A1) Pareto-optymalność

$y = f(S, d)$ jest Pareto-optymalne w zbiorze S ,

(A2) Indywidualna racjonalność.

$y = f(S, d) \geq d$.

(A3) Symetria

Mówimy, że problem jest symetryczny, jeśli $d_1 = d_2$ oraz jeśli $(x_1, x_2) \in S$, to $(x_2, x_1) \in S$. Mówimy, że rozwiązanie spełnia aksjomat symetryczności, jeżeli dla symetrycznego problemu (S, d) zachodzi $f_1(S, d) = f_2(S, d)$.

(A4) Niezależność od skali użyteczności.

Niech L będzie przekształceniem afinicznym, tj. takim, że $Lx = (a_1x_1 + b_1, a_2x_2 + b_2)$ dla dowolnego $x \in R^2$, gdzie $a_i, b_i \in R, a_i > 0, i = 1, 2$. Mówimy, że rozwiązanie jest niezależne od skali użyteczności, jeżeli $Lf(S, d) = f(LS, Ld)$.

(A5) Niezależność od nieistotnych opcji.

Dla dowolnych zagadnień targu (S, d) i (T, d) , jeżeli $S \subset T$ oraz $f(T, d) \in S$ to $f(S, d) = f(T, d)$.

Aksjomat ten oznacza, że jeżeli gracze uzgodnili rozwiązanie $f(T, d)$ w problemie targu (T, d) , to zmniejszenie zbioru porozumień T do zbioru S , ale zawierającego to rozwiązanie tzn. $f(T, d) \in S$, nie powinno spowodować zmiany wypłat.

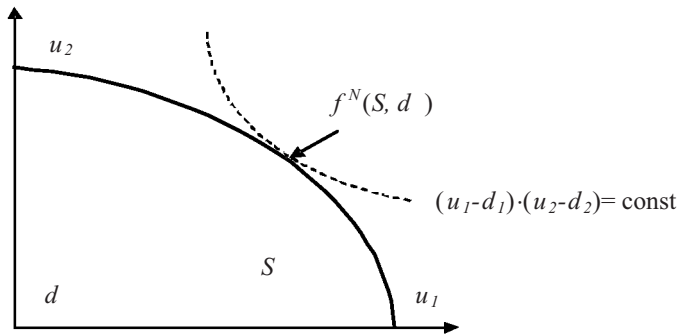
Twierdzenie 3.1 (Nash 1950)

Dla dowolnego problemu targu (S, d) spełniającego założenia (1) - (3) istnieje dokładnie jedno rozwiązanie $f^N(S, d)$ o postaci:

$$f_N(S, d) = \arg \max_{x \in S} (x_1 - d_1)(x_2 - d_2),$$

spełniające aksjomaty A1 - A5. ■

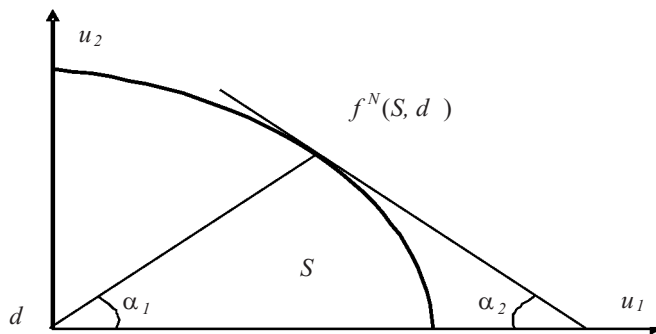
Ilustrację tego rozwiązania (nazywanego w literaturze kooperacyjnym rozwiązaniem Nasha, dla odróżnienia od sformułowanego



Rysunek 3.4. Ilustracja rozwiązania Nasha

również przez Nasha rozwiązania niekooperacyjnego dla gier niekooperacyjnych) przedstawiono na Rys. 3.4. Rozwiązanie to określa wypłaty graczy w zbiorze S , przy których jest maksymalizowany iloczyn przyrostu ich użyteczności. Poszukiwanie rozwiązania Nash'a polega na znalezieniu punktu stycznego brzegu zbioru porozumień S z hiperbolą przedstawiającą zbiór poziomicowy iloczynu przyrostu użyteczności graczy.

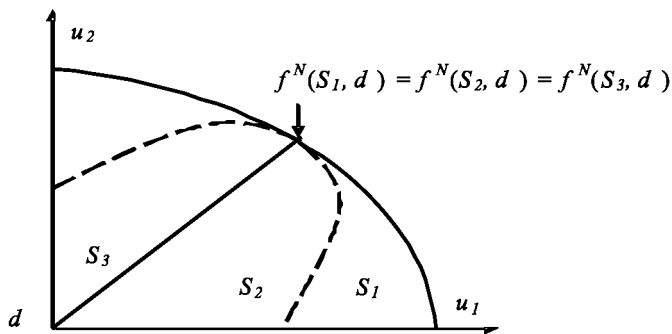
Rozwiązanie to ma również interesującą interpretację geometryczną (Rys. 3.5).



Rysunek 3.5. Geometryczna interpretacja rozwiązania Nasha

Kąt α_2 nachylenia stycznej do brzegu zbioru S w punkcie rozwiązania i kąt α_1 nachylenia prostej łączącej punkt status quo d z punktem rozwiązania są sobie równe.

Aksjomaty A1 - A4 są naturalne. Pareto - optymalność oznacza, że w porównaniu z rozwiązaniem $f^N(S, d)$, w zbiorze S nie znajdzie się punkt poprawiający wypłatę któregoś z graczy bez pogorszenia wypłaty innego. Indywidualna racjonalność oznacza, że wypłata każdego z graczy będzie nie gorsza niż w przypadku braku porozumienia. Aksjomat symetrii wymaga, aby zmiana kolejności graczy nie wpływała na rozwiązanie. Zmiana skali użyteczności któregoś z graczy nie wpływa istotnie na rozwiązanie (zmieni się tylko zgodnie z tą samą skalą). Aksjomat niezależności od nieistotnych opcji również może się wydać naturalny. Zauważmy jednak, że w rzeczywistości aksjomat ten oznacza, że rozwiązanie nie zależy od kształtu zbioru S poza odcinkiem łączącym punkt status quo z rozwiązaniem. Pokazano to na Rys. 3.6. Rozwiązanie Nasha $f^N(S_1, d)$ jest wspólne dla trzech różnych problemów targu opisanych odpowiednio przez zbiory porozumień S_1, S_2, S_3 .



Rysunek 3.6. Ilustracja aksjomatu niezależności rozwiązania od nieistotnych opcji

Aksjomat niezależności rozwiązania od nieistotnych opcji był przez wielu badaczy uznany jako kontrowersyjny (np. Luce, Raiffa 1957). Dyskusja dotycząca między innymi tego aksjomatu rozpoczęła poszukiwanie innych rozwiązań i formułowanie wielu innych aksjomatów charakteryzujących te rozwiązania.

Raiffa (1953) zaproponował inne rozwiązanie, zależne od maksymalnych wartości użyteczności osiąganych przez graczy w zbiorze porozumień. Rozwiązanie to zostało zaksjomatyzowane w pracy (Kalai, Smorodinsky 1975). Aksjomat niezależności od nieistotnych opcji został zastąpiony aksjomatem indywidualnej monotoniczności. Oznaczmy przez $I \in R^2$ punkt stanowiący złożenie maksymalnych wartości użyteczności osiągalnych przez graczy w problemie targu (S, d) , tzn. $I(S, d) = (I_1(S, d), I_2(S, d))$: $I_i(S, d) = \max\{x_i : x \in S\}$, $i = 1, 2$. Punkt I nazywany jest punktem idealnym lub punktem utopii.

(A6) Indywidualna monotoniczność.

Dla dowolnych problemów targu (S, d) i (T, d) takich, że $S \subset T$, jeżeli $I_i(S, d) = I_i(T, d)$ to $f_{3-i}(T, d) \geq f_{3-i}(S, d)$.

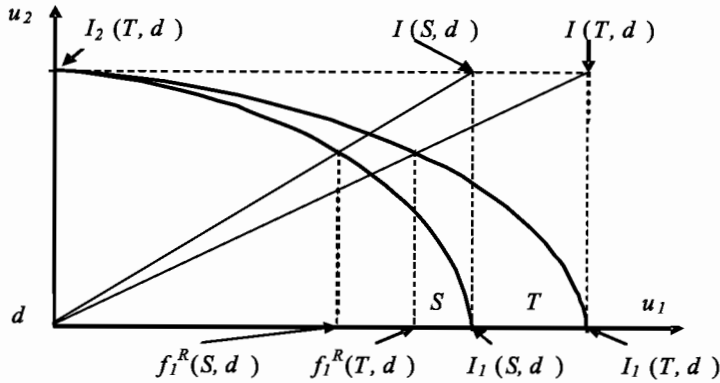
Twierdzenie 3.2 (Kalai, Smorodinsky 1975)

Dla problemu targu (S, d) spełniającego założenia (1) - (3), istnieje dokładnie jedno rozwiązanie $f^R(S, d)$, które spełnia aksjomaty Pareto optymalności (A1), indywidualnej racjonalności (A2), symetrii (A3), niezależności od skali użyteczności (A4), oraz indywidualnej monotoniczności (A6). Rozwiązanie to określa wypłaty (f_1^R, f_2^R) spełniające warunek:

$$\frac{(f_1^R - d_1)}{(f_2^R - d_2)} = \frac{(I_1 - d_1)}{(I_2 - d_2)}.$$

■

Rozwiązanie to jest określane jest w literaturze jako rozwiązanie Raiffy, Kalaia, Smorodinsky'ego.



Rysunek 3.7. Ilustracja rozwiązania Raiffy, Kalaia, Smorodinsky'ego i aksjomatu indywidualnej monotoniczności

Aksjomat indywidualnej monotoniczności oznacza, że jeśli powiększymy zbiór porozumień w ten sposób, że powiększymy maksymalną wypłatę np. gracza 1, osiągalną w zbiorze S , bez zmiany maksymalnej wypłaty gracza 2, to wypłata gracza 1, wynikająca z rozwiązania nie powinna się zmniejszyć. Ilustruje to Rys. 3.7: powiększenie zbioru porozumień S do zbioru T powoduje powiększenie maksymalnej wypłaty gracza 1 i nie zwiększa maksymalnej wypłaty gracza 2, tzn. $I_1(T, d) > I_1(S, d)$, $I_2(T, d) = I_2(S, d)$. Wypłata gracza 1 zgodnie z rozwiązaniem Raiffy, Kalaia, Smorodinsky'ego jest większa w przypadku zbioru T , tzn. $f_1^R(T, d) > f_1^R(S, d)$. Aksjomat indywidualnej monotoniczności (A6) w połączeniu z aksjomatami (A1), (A2), (A3), (A4) powoduje, że zgodnie z Twierdzeniem 3.2 przyrosty wypłat graczy są proporcjonalne do maksymalnych wartości użyteczności I_1 , I_2 osiągalnych przez graczy w zbiorze S w porównaniu z punktem braku porozumienia.

Klasyczna teoria targu była rozwijana przez wielu badaczy, w szczególności w przypadku liczby graczy większej niż dwa, dla różnych założeń i różnych aksjomatów charakteryzujących rozwiązanie. Wyniki można znaleźć między innymi w pracach: (Thomson 1980), (Imai 1983), (Roth 1979a,b), (Peters 1986).

3.5 Kooperacyjne gry koalicyjne

W klasycznej teorii targu wymienione wyżej koncepcje rozwiązań uogólniane są na przypadek liczby graczy większej niż dwa, ale przy założeniu, że gracze mogą współpracować tworząc koalicje pełną, lub działać niezależnie. Istnieje jednak zagrożenie takiego rozwiązania przez podkoalicję kilku graczy wykluczającą innych. Możliwości tworzenia różnych koalicji przez graczy i wpływu tych koalicji na wyniki gry badane są w ramach kooperacyjnych gier koalicyjnych.

Niech N oznacza zbiór n graczy zwany koalicja pełną, a $C \subset N$ dowolną koalicję mniejszą. Koalicja $C = \{i\}$ oznacza koalicję jednoosobową gracza i .

Zakłada się, że dana jest funkcja charakterystyczna gry $v : 2^N \rightarrow \mathbb{R}$, gdzie 2^N jest zbiorem wszystkich możliwych koalicji graczy. Wartość funkcji $v(C)$ można interpretować jako wypłatę (wygraną) łączną graczy w koalicji C niezależną od koalicji, które mogą być tworzone przez graczy pozostałych.

Definicja 3.1 (Gillies 1959)

Gra kooperacyjna w postaci funkcji charakterystycznej jest zdefiniowana przez parę (N, v) , gdzie N jest zbiorem graczy, a v jest funkcją, która każdej koalicji C przyporządkowuje liczbową wartość wygranej $v(C)$.

Dopuszczalny podział wygranych koalicji C jest to wektor x_C o składowych $x_{C,i} \in C$ taki, że $\sum_{i \in C} x_i \leq v(C)$.

Rdzeń gry (N, v) jest to zbiór podziałów x spełniających warunek: dla wszystkich koalicji $C \subset N$:

$$\sum_{i \in N} x_i = v(N) \wedge \sum_{i \in C} x_i \geq v(C).$$

□

Warunek powyższy oznacza, że żadnej z podkoalicji nie opłaca się opuszczać koalicji pełnej, ponieważ nie uzyska w ten sposób poprawy swojej wygranej. W ogólnym przypadku rdzeń gry może jednak być zbiorem pustym. Warunkiem koniecznym istnienia nie-pustego rdzenia jest warunek superaddytywności gry.

Definicja 3.2

Przyjmijmy, że koalicja pełna N jest podzielona na rozłączne koalicje C_1, \dots, C_K tak, że ich połączenie stanowi N . Mówimy, że gra (N, v) jest **superaddytywna**, jeśli spełniony jest warunek:

$$\sum_{k=1}^K v(C_k) \leq v(N).$$

□

Dołączenie danego gracza do koalicji ma tym większe znaczenie im powoduje większy przyrost funkcji charakterystycznej. Przyrost ten, określane jako synergia danego gracza i względem koalicji C , gdy i nie należy do C wynosi:

$$s(i, C) = v(C \cup i) - v(C).$$

Pojęcie synergii wnoszonych przez graczy przy ich dołączaniu do koalicji stanowi podstawę koncepcji rozwiązania w grach koalicyjnych, jaką jest wartość Shapley'a.

Definicja 3.3

Wartością Shapley'a w grze (N, v) nazywamy wektor $\sigma \in \mathbb{R}^n$ określający następujący podział wygranej $v(N)$ koalicji pełnej:

dla wszystkich graczy $i = 1, \dots, n$:

$$\sigma_i = \sum_{0 \leq c \leq n-1} \frac{c!(n-c-1)!}{n!} \sum_{S \subset N \setminus i, |S|=c} (v(C \cup i) - v(C)),$$

gdzie przyjęto konwencję, że $0! = 1$ oraz $v(\emptyset) = 0$. \square

Przydział wygranej graczowi i zgodnie z wartością Shapley'a odpowiada średniej synergii liczonej po wszystkich koalicjach $C \subset N \setminus i$, włączając zbiór pusty. Przyjmujemy, że gracze w koalicji pełnej są losowo uporządkowani w kolejności (i_1, \dots, i_n) , a każdy z tych porządków jest równie prawdopodobny. Każda koalicja C uwzględniana jest z wagą, jaką jest prawdopodobieństwo, że gracze poprzedzający gracza i w losowym porządku (i_1, \dots, i_n) należą do C .

W przypadku superaddytywnej gry (N, v) wartość Shapley'a spełnia oczywiście warunek indywidualnej racjonalności: $\sigma_i \geq v(\{i\})$. Aksjomatyczne charakteryzacje wartości Shapley'a można znaleźć w pracach: (Shapley 1953), (Young 1985). Wartość Shapley'a może być uznana jako atrakcyjna w argumentacji podczas negocjacji dotyczących podziału rezultatów współpracy między graczami. Niestety wartość Shapley'a nie zawsze należy do rdzenia gry.

Interesującą koncepcją rozwiązania, które należy do rdzenia, jeśli rdzeń jest niepusty, jest nukleolus. W sformułowaniu nukleolusa wykorzystuje się pojęcie porządku leksykograficznego.

Definicja 3.4

Mówimy, że wektor x^1 jest preferowany względem wektora x^2 , $x^1, x^2 \in \mathbb{R}^n$ w porządku leksykograficznym \leq_{lex} , jeśli istnieje liczba k , $1 \leq k \leq n$ taka, że $x_i^1 = x_i^2$ dla $1 \leq i < k \wedge x_k^1 < x_k^2$. \square

Definicja 3.5 (Schmeidler 1969)

Oznaczmy przez B zbiór efektywnych podziałów wygranej $x \in R^N$, $\sum_{i \in N} x_i = v(N)$ gry (N, v) . Każdemu wektorowi ze zbioru B i każdej koalicji $C \subset N$ przyporządkujemy wielkość nadwyżki $e(x; C) = \sum_{i \in C} x_i - v(S)$.

Nukleolusem nazywamy podział γ w zbiorze B taki, że dla każdego innego podziału $x \in B$, $e(\gamma)$ jest preferowane w porządku leksykograficznym \leq_{lex} względem $e(x)$. \square

Nukleolus mierzy dobro koalicji C za pomocą wartości nadwyżki $e(x, C)$, tj. przez jej dodatkowe korzyści ponad jej własną wygraną, a następnie porównuje nadwyżki różnych koalicji w porządku leksykograficznego minimum.

Interesujące interpretacje uwagi i przykłady dotyczące rdzenia gry, wartości Shapley'a, nukleolusa można znaleźć w pracy (Moulin 1988).

W pracy (Wierzbicki, 2005) przedstawiono ideę wyznaczania unikalnego podziału wygranej, należącego do rdzenia gry z zastosowaniem metody punktu referencyjnego. Zaproponowano, aby punktem referencyjnym było jedno z rozwiązań gier koalicyjnych, np. wartość Shapley'a, wartość Banzhafa, czy rozszerzenie rozwiązania Raify-Kalaia-Smorodisky'ego na przypadek gier koalicyjnych. Optymalizacja funkcji osiągnięcia z takim punktem referencyjnym pozwala wyznaczyć rzetelną propozycję medacyjną ze zbioru rozwiązań Pareto-optymalnych określonego przez rdzeń gry. Zbadano własności wyznaczanej w ten sposób alokacji. W pracy tej pokazano, że idea ta, możliwa także do zastosowania w przypadku, gdy rdzeń gry jest zbiorem pustym, została potwierdzona w eksperymentach growych przeprowadzonych z udziałem studentów.

3.6 Podsumowanie

W rozdziale przedstawiono podstawowe pojęcia dotyczące negocjacji, takie jak negocjacje pozycyjne i zasadnicze, ceny rezerwacji, pojęcie BATNA. Omówiono procedurę pojedynczego tekstu negocjacyjnego stosowaną w negocjacjach międzynarodowych. Idea tej procedury stanowiła inspirację do sformułowania interakcyjnej procedury wspomagającej analizę i proces mediacji w wielokryterialnym problemie targu przedstawionej w rozdziale 5.

Przedstawiono również podstawowe założenia oraz koncepcje rozwiązań teorii problemu targu i kooperacyjnych gier koalicyjnych w przypadku skalarnych wypłat graczy.

Uwagi końcowe

W pracy rozpatruje się sytuacje decyzyjne, w których decydenci mogą odnosić korzyści w wyniku wzajemnej współpracy. Korzyści te określane są w porównaniu z sytuacją, gdyby dany decydent nie przystąpił do współpracy, zgodnie z koncepcją BATNA. Każdy decydent podejmuje niezależne decyzje oraz ma swój niezależny wektor kryteriów określający wyniki tych decyzji i swoje preferencje wyboru. Wartości kryteriów danego decydenta zależą od decyzji wszystkich decydentów.

Zakłada się, że dany jest model matematyczny pozwalający wyznaczyć wartości kryteriów każdego decydenta w zależności od decyzji wszystkich decydentów. Model nie opisuje preferencji decydentów. Nie zakłada się istnienia określonych funkcji użyteczności decydentów. Zaproponowano metody wspomagające analizę decyzyjną w wielokryterialnej przestrzeni wypłat stanowiącej iloczyn kartezyjański przestrzeni kryteriów poszczególnych decydentów oraz procedury umożliwiające znalezienie zgodnych decyzji. Przedstawiono ogólny opis matematyczny rozważanych sytuacji decyzyjnych i na tej podstawie sformułowano model wielokryterialnego problemu targu (rozdział 4) rozpatrywany dalej w pracy, a także sformułowano model wielokryterialnej gry kooperacyjnej,

w której uwzględnia się wpływ możliwych koalicji na rozwiązania i wypłaty graczy.

W przypadku wielkryterialnego problemu targu zaproponowano uogólnione rozwiązanie Raiffy-Kalaia-Smorodinsky'ego (R-K-S) oraz jego aksjomatyczną charakteryzację. Założono, że każdy gracz ma możliwość analizy niezdominowanych wypłat w swojej przestrzeni kryteriów. Na podstawie wskazanych przez graczy wypłat, wybranych zgodnie z ich preferencjami, konstruuje się tzw. punkt względnej utopii. Punkt ten uwzględniający preferencje wszystkich graczy jest podstawą konstrukcji proponowanego rozwiązania. Rozwiązanie to, w przypadku jednokryterialnych wypłat, sprowadza się do rozwiązania R-K-S. Nie jest natomiast prostym rozszerzeniem klasycznego rozwiązania R-K-S konstruowanym z wykorzystaniem punktu idealnego w przestrzeni wielokryterialnych wypłat. Pokazano, że w szczególnych przypadkach rozwiązanie to może być tylko słabo niezdominowane w zbiorze wypłat. Kolejna propozycja dotyczy, uogólnionego na przypadek wielokryterialnych wypłat, rozwiązania Imai, wykorzystującego porządek leksykograficzny. Podano idee algorytmu umożliwiającego poprawę słabo niezdominowanych rozwiązań R-K-S do rozwiązań niezdominowanych. Przedstawiono również konstrukcje umożliwiające uogólnienie na przypadek wielokryterialnych wypłat klasycznych rozwiązania Nasha i Rozwiązania Egalitarnego. Przeprowadzono analizę własności tych rozwiązań.

Przedstawiane w pracach (Kruś, Bronisz 1993, Kruś 2002) sformułowania wielokryterialnego problemu targu i koncepcje rozwiązań były następnie przedmiotem badań innych autorów np. (Hinojosa i inni 2005), (Marmol i inni 2007).

Koncepcje uogólnionych rozwiązań R-K-S oraz Imai zostały zastosowane w konstrukcji interakcyjnych procedur wspomagan

analizy decyzyjnej decydentów i wyznaczania propozycji mediacyjnych. Wielostronna analiza decyzyjna poprzedzona jest etapem analizy jednostronnej, w trakcie której każdy decydent niezależnie bada zbiór swoich niezdominowanych wypłat w swojej przestrzeni kryteriów, wykorzystując podejście punktu referencyjnego. Wskazane przez każdego decydenta wypłaty, wybrane zgodnie z jego preferencjami, są podstawą wyznaczenia propozycji mediacyjnej. Propozycja ta uwzględnia preferencje wszystkich decydentów i jest przedmiotem analizy wielostronnej. W kolejnych rundach powtarzane są oba etapy analizy. Sformułowano w tym celu koncepcję rozwiązania iteracyjnego i pokazano jego zbieżność do rozwiązania Pareto optymalnego.

Przedstawiono koncepcje ogólnej konstrukcji komputerowych systemów wspomagania decyzji w rozpatrywanych sytuacjach przetargowych. Procedura wykorzystująca rozwiązanie iteracyjne została zaimplementowana w systemie komputerowym MCBARG. Zamieszczono dwa przykłady ilustrujące wielokryterialny problem targu: przykład dotyczący zagadnienia kwaśnych deszczów oraz przykład dotyczący współpracy gospodarstw rolnych. Przykłady te zostały wprowadzone do systemu i pozwalają prześledzić jego działanie.

W rozdziale 7 rozpatrzono sytuacje kooperacyjne opisywane przez modele wielokryterialnych gier koalicyjnych bez wypłat ubocznych. Podano sformułowanie matematyczne takiej gry, a następnie zbadano jej własności i sformułowano koncepcje rozwiązań takie jak rdzeń i nukleolus gry. Zaproponowano oryginalny sposób określania funkcji nadwyżki uwzględniającej preferencje graczy oraz generowaną przez tę funkcję postać nukleolusa. Nucleolus ten, w przypadku klasycznych gier targu, sprowadza się do koncepcji podanej przez Schmeidlera (1969), natomiast w przypadku gier

targu sprowadza się do uogólnionego rozwiązania Raiffy-Kalaia-Smorodinsky'ego podanego w pracy (Kruś, Bronisz 1993) i rozpatrywanego w pracy (Kruś 2002) oraz omówionego w rozdziale 4. Podano również ideę iteracyjnej procedury wspomagającej analizę i wyznaczenie rozwiązania mediacyjnego. Przedstawiane problemy były wcześniej przedmiotem prac (Kruś, Bronisz 1995), (Kruś 2008). Podane propozycje korespondują z ideą zastosowania punktów referencyjnych do wyznaczania propozycji mediacyjnych w grach koalicyjnych przedstawioną w pracy (Wierzbiński 2005).

W rozdziale 8 rozpatrzono problem decyzyjny, w którym podmioty decyzyjne negocjują realizację wspólnego lub wspólnych przedsięwzięć w celu pozyskania wiązki dóbr. Mogą działać indywidualnie lub tworzyć koalicje. Problem dotyczy podziału pozyskanej wiązki dóbr i udziału w kosztach przedsięwzięć. Zaproponowano model rodziny gier kooperacyjnych opisującej ten problem alokacji kosztów z uwzględnieniem mechanizmu cenowego i wypłat ubocznych. Zagadnienie to przedstawiono na podstawie wcześniejszej pracy (Kruś, Bronisz 2000). Zbadano różne koncepcje rozwiązań tych gier. Zaimplementowano algorytm wyznaczania różnych koncepcji nukleolusa traktowanego jako podstawę do wyznaczania propozycji mediacyjnych. Przedstawiono przykład numeryczny ilustrujący proponowane analizy. Zaproponowano również procedurę wspomagającą analizę wielokryterialną i proces mediacji. Problem alokacji i kosztów jest również rozpatrywany w sytuacji, gdy wypłata danej koalicji zależy nie tylko od graczy, którzy ją tworzą, ale także od struktury koalicyjnej graczy pozostałych (rozdział 9). Sytuację taką opisano jako grę kooperacyjną w postaci funkcji partycji. Uzyskane wyniki dotyczą koncepcji rozwiązań w tych grach i ich analizy. Istotne jest w szczególności pokazanie koincydencji rdzenia takiej gry z rdzeniem odpowiednio skonstruowanej gry w postaci funkcji charakterystycznej. Rdzeń

taki określa ramy, w których decydenci mogą prowadzić negocjacje. Można również wtedy zastosować podejście prezentowane w rozdziale 8. Nowe zagadnienia badań w tym kierunku mogą dotyczyć koncepcji rdzeni optymistycznych i pesymistycznych rozpatrywanych w pracach Koczy'ego (2007, 2008).

Uzyskane wyniki teoretyczne mogą mieć zastosowanie nie tylko w omawianym problemie kooperacji, opisywanym jako modele targu lub modele gier kooperacyjnych z wektorowymi wypłatami graczy, ale także w szerszej klasie zagadnień dotyczących także sytuacji niekooperacyjnych. Przykładowo, algorytm interakcyjnej procedury mediacyjnej, wykorzystującej idee rozwiązania iteracyjnego oraz metodę punktu referencyjnego i funkcji osiągnięcia, został zastosowany dla przypadku wielokryterialnej, niekooperacyjnej gry dynamicznej dotyczącej tzw. „wojny rybnej” (prace magisterskie: Cichoń (1989), Kaniewski (1990)), w eksperymentalnym systemie komputerowym. Wielokryterialne rozwiązania w grach niekooperacyjnych były rozpatrywane między innymi w pracach (Wierzbicki 1990, Kruś, Bronisz 1994).

Równolegle z badaniami, których wyniki przedstawia się w tej pracy, prowadzonych z zastosowaniem analizy wielokryterialnej i podejścia punktu referencyjnego, prowadzono prace z zastosowaniem idei funkcji użyteczności. Wykorzystywano koncepcje funkcji użyteczności R. Kulikowskiego (1998, 2002, 2003) inspirowane pracami Savage (1954), Tverskiego i Kahnemana (Tversky 1967, Tversky, Kahneman 1981). Uzyskane wyniki (Kruś 2002a, 2004a), (Kulikowski, Kruś 2003) dotyczą między innymi konstrukcji systemów komputerowych wspomagania analizy decyzyjnej, analizy wspólnych przedsięwzięć innowacyjnych, analizy problemu kooperacji na przykładzie szkoły wyższej. W przypadku stosowania koncepcji funkcji użyteczności decydentów, szczególnie istotny jest problem

identyfikacji jej postaci na podstawie interakcji z decydentami. Interesujące ze względu na zastosowania w praktyce i jako przedmiot dalszych badań są procedury budowy modelu preferencji decydentów prezentowane w pracach (Greco, Mousseau, Słowiński 2008), (Figueira, Greco, Mousseau, Słowiński 2008), oraz zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych (Greco, Matarazzo, Słowiński 2001, 2008).

Bieżące i planowane badania dotyczą również zastosowania metod proponowanych w pracy do analizy motywacyjnie zgodnych wielokryterialnych mechanizmów rynkowych z wykorzystaniem systemów wieloagentowych. Zagadnienie zgodności motywacji w mechanizmach rynkowych rozwijane jest w pracach E. Toczyłowskiego (por. Toczyłowski 2003, 2009). Dotyczy ono badania i konstrukcji takich mechanizmów rynkowych, w których harmonizowane są interesy uczestników tak, że występowałaby zgodność ich motywacji i uczestnicy ci byłiby skłonni do przekazywania niezafałszowanych informacji, umożliwiającymi efektywne funkcjonowanie danego systemu. W pracy (Kruś, Skorupiński, Toczyłowski 2010) zagadnienie to jest badane jest na przykładzie problemu producenta i jego klientów.

Przedstawiane w tej pracy metody są zgodne z ideami dotyczącymi zaufania i uczciwości w systemach rozproszonych (A. Wierzbicki 2010), stanowiącymi kolejny interesujący kierunek dalszych badań.

Bibliografia

- Alcamo J., Shaw R., Hordijk L. (1990) The RAINS Model of Acidification, Science and Strategies in Europe. Kluwer Ac. Publ., Dordrecht.
- Ameliańczyk, A. (1979) Multicriterial optimization of international economic cooperation control. Prace Naukowe ICT Polit. Wrocław. Nr 39.
- Aumann, R. J. (1961) The Core of Cooperative Games without Side Payments. *Trans. Amer. Math. Soc.* Vol. 98, 539-552.
- Aumann, R. J. (1967) A Survey of Games without Sidepayments. In: *Essays in Mathematical Economics*, M. Shubik, ed., Princeton University Press, 3-27.
- Aumann, R.J., Maschler, M. (1964) The Bargaining Set for Cooperative Games. In: *Advances in Game Theory* (M. Dresher, L. S. Shapley and A. W. Tucker, eds.), *Annals of Mathematics Studies*, No. 52, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

- Auman, R.J., Peleg, B. (1960) Von Neumann-Morgenstern solutions to cooperative games without side payments, *Bull. of the American Mathematical Society*. 66, 173-179.
- Axelrod R., (1985), *The Evolution of Cooperation*. Basic Books, New York.
- Barclay S., Peterson C (1976) Multi-attribute Models for Negotiations. Technical Report 76-1, Decisions and Designs, Inc. McLean, VA.
- Bednarczuk E. (2005) Parametryczne problemy optymalizacji wielokryterialnej, warunki stabilności rozwiązań. Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT. Warszawa.
- Bednarczuk E. (2006) Stability analysis for parametric vector optimization problems. *Dissertationes Mathematicae*. Warszawa.
- Benayoun R., de Montgolfier J., Laritchev O. (1971) Linear programming with multiple objective functions: Step Method (STEM). *Mathematical Programming*, 1, 366-375.
- Bergstresser, K., P.L. Yu (1977) Domination Structures and Multicriteria Problems in N-person Games. *Theory and Decision*, Vol. 8, 5-48.
- Bergman L., H. Cesar, G. Klaassen (1990) A Scheme for Sharing the Costs of Reducing Sulfur Emissions in Europe. WP-90-005.IIASA, Laxenburg, Austria.
- Billera L.,J., Heath D. C. (1982) Allocation of Shared Costs: A Set of Axioms Yielding a Unique Procedure, *Mathematics of Operations Research*, Vol. 7, No. 1, 32-39.

- Blass A., Raiffa H. (1986) Copmuter Program for Investigating the Efficient Solutions of Two-party, multiple-issue Negotiations, Unpublished Manuscript, Harvard University.
- Bouyssou D., Marchant T., Pirlot M., Tsoukias A., Vincke P. (2006) Evaluation and Decision Models with Multiple Criteria. Springer.
- Branke, J., Deb, K., Miettinen, K., Słowiński, R. (Eds.) (2008) Multiobjective Optimization, LNCS 5252, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Bronisz P., L. Krus (1986a), Interactive System Aiding Decision Making in Multiobjective Cooperative Games. Mathematical Background, *Syst. Anal. Model. Simul.*, vol.3, 387-394.
- Bronisz P., L. Krus (1986b) Supporting of Negotiation in Bargaining Problem with Multiple Payoffs. W: Proceedings of the 1986 IFAC Workshop on Modeling, Decision and Game with Application to Social Phenomena, Vol II, Beijing, China, 496-502.
- Bronisz P., L. Kruś (1987) A Mathematical Basis for System Supporting Multicriteria Bargaining, *Archiwum Automatyki i Telemechaniki*, vol. 4, Warsaw, Poland, 331-337.
- Bronisz P., L. Kruś, B. Lopuch (1987) An Experimental System Supporting Multiobjective Bargaining Problem. A Methodological Guide, W: Theory, Software and Testing Examples for Decision Support Systems, ed. A. Lewandowski, A.P.Wierzbicki, IIASA, Laxenburg.

- Bronisz P., L. Kruś, (1988a) Application of Generalized Raiffa Solution to Multicriteria Bargaining Support. W: System Modeling and Optimization, M. Iri, K. Yajima (eds), Lecture Notes in Control and Information Sciences 113, Springer-Verlag, 207-211.
- Bronisz P., L. Kruś, (1988b) Interactive Procedures for Multicriteria Decision Support in Bargaining Problem. W: System Analysis and Simulation, A. Sydow, S.G. Tzafestas, R. Vichnevetsky (eds), Band 46, Akademie-Verlag, Berlin, 59-62.
- Bronisz P., L. Kruś, A. Wierzbicki (1989) Towards Interactive Solutions in a Bargaining Problem, W: Aspiration Based Decision Support Systems, ed.: A.Lewandowski, A.P.Wierzbicki, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 331, Springer Verlag, Berlin, 251-268.
- Bronisz P., H. Bury, L. Kruś (1989) Interaktywny system wspomagający analizę strategii rozwojowych. W: Materiały 1-szej Krajowej Konferencji BOiS, IBS PAN, Warszawa.
- Bronisz P., L. Kruś (1989a) Dynamic Solution of Two-Person Bargaining Games. in: Processes of International Negotiations, F. Mautner-Markhof (ed.), Westview Press, Boulder, 449-456.
- Bronisz P., L. Kruś (1989b) An Experimental System Supporting Negotiation on Joint Development Program. in: Processes of International Negotiations, F. Mautner-Markhof (ed.), Westview Press, Boulder, 519-529.
- Bui T. (1987) Co-oP - A Group Decision Support System for Cooperative Multiple Criteria Group Decision Making. Lecture Notes in Computer Science 290, Springer Verlag, Berlin.

- Bury H., L. Kruś, R. Kulikowski (1988) Supporting Planning Decisions by Experiments with Complex Development Model. W: Methodology and Applications of Decision Support Systems, Third Polish Finnish Conference, Sobieszewo 1988. IBS PAN. Warszawa.
- Chander, P., Tulkens, H. (1997) The core and economy with multilateral environmental externalities, *International Journal of Game Theory* 26(3), 379-401.
- Chankong, V., Haimes, Y.Y.(1983) Multiobjective Decision Making: Theory and Methodology. Elsevier Science Publishing, New York.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Ferguson, R.O. (1955) Optimal estimation of executive compensation by linear programming. *Management Science* 1(2), 138-151.
- Charnes, A., Cooper, W.W. (1961) Management Models and Industrial Applications of Linear Programming, John Wiley and Sons, New York.
- Charnes, A., Cooper, W.W.(1977) Goal programming and multiple objective optimization; part 1. *European Journal of Operational Research* 1(1), 39-54.
- Chen E., Vahidov R., Gregory E. Kersten G.E.(2005) Agent-supported negotiations in the e-marketplace. *International Journal of Electronic Business*, 3 (1), 28-49 .
- Cichoń T. (1989) Narzędzia softwerowe do symulacji i wspomaganie decyzji w przypadku wielokryterialnej gry dynamicznej. Praca magisterska, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Instytut Automatyki.

- Cruijssen F., Cools M. and Dullaert W. (2007) Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impedimenta. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(2), 129-142.
- Davis M., Maschler M. (1965), The Kernel of a Cooperative Game, *Naval Research Logistic Quarterly*, Vol. 12.
- Deb K. (2008), Introduction to Evolutionary Multiobjective Optimization. W: Multiobjective Optimization, Branke, J., Deb, K., Miettinen, K., Slowiński, R. (Eds.), LNCS 5252, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 57-95.
- Deb K., Chaudhuri S., Miettinen K.(2006) Towards estimating nadir objective vector using evolutionary approaches. W: Keijzer, M., i inni (red) Proceedings of the 8th Annual Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO-2006), Seattle, vol. 1, 643-650. ACM Press, New York.
- Dell R. F., Karwan M. H. (1990) An Interactive MCD Weight Space Reduction Method Utilizing a Tchebysheff Utility Function. *Naval Research Logistics*, 37, 263-277.
- Dreyfus S. (1985) Beyond Rationality, W: M. Grauer, M. Thompson, A. P. Wierzbicki (eds): Plural Rationality and Interactive Decision Processes, Proceedings Sopron 1984, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Ehtamo H., Hamalainen R.P. (2001) Interactive multiple-criteria methods for reaching pareto optimal agreements in negotiations. *Group Decision and Negotiation*, 10(6):475-491.
- Fandel G., (1979) Optimale Entscheidungen in Organisationen, Springer-Verlag, Heidelberg.

- Fandel G., A.P. Wierzbicki, (1985) A Procedural Selection of Equilibria for Supergames, (private unpublished communication).
- Fandel G., Gal T. (red)(1997): Multiple Criteria Decision Making. LNEMS 448, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (red)(2005) Multiple Criteria Analysis State of the Art Surveys. Springer + Business Media Inc.
- Figueira J., Greco S., Mousseau V., Słowiński R. (2008) Interactive Multiobjective Optimization Using a Set of Additive Value Functions. W: J. Branke i inni (red.) Multiobjective Optmization. LNCS 5252, 97-119. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Fernández F.R., Hinojosa M.A., Puerto J. (2004) Multi-criteria minimum cost spanning tree games. *European Journal of Operational Research*, 158 (2), 399-408.
- Fisher R., Ury W., (1981) Getting to Yes, Houghton Mifflin, Boston.
- Fortuna Z., Kruś L. (1984) Simulation of an Interactive Metod Supporting Collectiva Decision Making using a Regional Development Model. In: Interactive Decision Analysis, M. Grauer, A. P. Wierzbicki eds., Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Springer, Berlin, 201-209.
- Galas Z., Nykowski I., Żółkiewski Z, (1987) Programowanie wielokryterialne. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa.
- Gass, S., Saaty, T.(1955) The computational algorithm for the parametric objective function. *Naval Research Logistics Quarterly* 2, 39-45. Springer-Verlag, Heidelberg.

- Gately D. (1974) Sharing the Gains from Regional Cooperation: A Game Theoretic Application to Planning Investment in Electric Power, *International Economic Review*, Vol. 15.
- Gembicki, F., Y. Y. Haimes (1975) Approach to Performance and Multiojective Sensitive Optimization: the Goal Attainment Method. *IEEE Automatic Control* AC-20, No. 6.
- Geoffrion, A.M.(1968) Proper efficiency and the theory of vector maximization. *Journal of Mathematical Analysis and Applications* 22(3), 618-630.
- Gillies D. B. (1959) Solution to General Nonzero Sum Games, *Annals of Mathematics Studies*, Vol. 40.
- Goeltner C. (1987) The Copmuter as a Third Party: Decision Support System for Two Party Single-issue and Two Party multiple-issue Negotiations. Working Paper 1958-87, Alfred P. Sloan School of Management, MIT, Cambridge, MA.
- Gondzio J., Makowski M. (1995) HOPDM - Modular Solver for LP Problems: Users Guide to version 2.12. Working Paper WP-95-50, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg.
- Granat J., Makowski M. (2000) Interactive specification and analysis of aspiration-based preferences. *EJOR*, 122 (2) 469-485.
- Grauer M., M. Thompson, A.P. Wierzbicki (eds), (1985) Plural Rationality and Interactive Decision Processes, Proceedings Sopron 1984, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Greco S., Matarazzo B., Słowiński R. (2001) Rough Sets Theory for Multicriteria Decision Analysis. *EJOR*, 129, 1-47.

- Greco S., Matarazzo B., Słowiński R. (2008) Dominance-Based Rough Set Approach to Interactive Multiobjective Optimization. W: J. Branke i inni (red.) *Multibjective Optmization*. LNCS 5252, 121-155. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Greco S., Mousseau V., Słowiński R. (2008) Ordinal Regression Revisited: Multiple criteria ranking with a set of Additive Value Functions. *EJOR*. 191 (2) 416-436).
- Harsanyi J.C., R. Selten, (1972) A Generalized Nash Solution for Two-Person Bargaining Games with Incomplete Information, *Management Sciences*, Vol. 18, 80-106.
- Heiskanen P., Ehtamo H., Hamalainen R.P. (2001) Constraint proposal method for computing Pareto solutions in multi-party negotiations. *European Journal of Operational Research*, 133(1), 44-61.
- Hordijk L. (1991) Use of the RAINS Model in Acid RAINS Negotiations in Europe. *Environmental Science Technology*, 25 (4).
- Huang, C.Y., Sjöström, T. (2003) Consistent solutions for cooperative games with externalities, *Games and Economic Behavior* 43, 196-213.
- Hwang C., Masud A. S. M., Paidy S. R., Yoon K. (1979) *Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications, A state-of-the-art survey*. Springer Verlag.
- Ignizio, J.P.(1985) *Introduction to Linear Goal Programming*. Sage Publications, Beverly Hills.
- Imai H., (1983) Individual Monotonicity and Lexicographical Maxmin Solution, *Econometrica*, Vol.51, 389-401.
- Jahn, J.(2004) *Vector Optimization*. Springer, Berlin.

- Jacket-Lagreze E., Siskos J. (1982) Assessing a set of Additive Utility Functions for Multicriteria Decision Making: The UTA Method. *EJOR*, 10:151-164.
- Jacket-Lagreze E. (1990) Interactive Assessment of Preferences Using Holistic Judgements. The PREFCALC system. W: Readings in Multiple Criteria Decision aid, (C. A. Bana e Costa Ed.). Springer Verlag, Berlin, 335-350.
- James L.D., R.R. Lee, (1971) Economics of Water Resources Planning. New York, McGraw-Hill.
- Jaszkiewicz A., Słowiński R. (1995) The light-beam search – outranking based interactive procedure for multiple -objective mathematical programming. W: Advances in Multicriteria Analysis (Pardalos P. M., Siskos Y., Zopoundis C. red.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 129-146.
- Jarke M., Jelassi M. T., Shakun M. F. (1987) Mediator: Towards a negotiation support system. *European Journal of Operation Research* 31, 314-334.
- Kalai, E. (1975) Excess Functions for Cooperative Games without Sidepayments. *SIAM J. Appl. Math.*, Vol.29, No. 1, 60-71.
- Kalai E., Smorodinsky M. (1975) Other Solutions to Nash's Bargaining Problem, *Econometrica*, Vol. 43, 513-518.
- Kaliszewski, I.(1994) Quantitative Pareto Analysis by Cone Separation Technique. Kluwer, Dordrecht.
- Kaliszewski I., Zionts S. (2004) Generalization of the Zionts-Wallenius Multicriteria Decision Making Algorithm. *Control and Cybernetics* 3, 477-500.

- Kaliszewski, I. (2006) *Soft Computing for Complex Multiple Criteria Decision Making*, Springer.
- Kaniewski M., (1990) *Wspomaganie decyzji w wielokryterialnych grach dynamicznych na przykładzie modelu gry połowowej*. Praca magisterska, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki, Instytut Automatyki.
- Keeney, R.L., Raiffa, H. (1976) *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Wiley, Chichester.
- Kersten G. E. (1985) *NEGO - Group Decision Support System. Information and Management*. Vol. 8., 237-386.
- Kersten G. E. (1988) *A Procedure for Negotiating Efficient and Non-Efficient Compromises. Decision Support Systems* 4, 167-177, North-Holland.
- Kersten, G. E.; Koszegi, S.T.; Vetschera, R. (2002) *The effects of culture in anonymous negotiations: experiment in four countries. System Sciences, System Sciences, 2002. HICSS. Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference, 7-10 Jan. 2002* , 418 - 427.
- Kersten G., Lo G. (2003) *Aspire: an integrated negotiation support system and software agents for e-business negotiation. International Journal of Internet and Enterprise Management*, 1 (3), 293 - 315.
- Kersten G. E., Michalowsky W., Matwin S., Szpakowicz S. (1988) *Rule-based Modelling of Negotiation Strategies. Theory and Decision*, Vol. 25., 225-257.

- Kersten G. E., Michalowski W., Szpakowicz S., Koperczak Z. (1991) Restructurable Representations of Negotiations. *Management Science*, 37 (10).
- Kersten G.E., Sunil J. (1999) WWW-based negotiation support: design, implementation, and use. *Decision Support Systems* 25, (2), 135-154.
- Kersten G. E., Szapiro T. (1986) Generalized Approach to Modeling Negotiations, *European Journal of Operational Research*, Vol. 26, 1, 142-149.
- Khorram E., Zarepisheh M., Ghaznavi-ghosoni B.A.(2010) Sensitivity analysis on the priority of the objective functions in lexicographic multiple objective linear programs *EJOR*, 207, 1162-1168.
- Kóczy L.Á. (2007) A Recursive Core for Partition Function Form Games. *Theory and Decision* 63, 41-51.
- Kóczy L.Á. (2008) Sequential Coalition Formation and the Core in the Presence of Externalities. *Games and Economic Behavior*
- Konarzewska-Gubała E. (1980) Programowanie przy wielorakości celów. Warszawa. PWE.
- Konarzewska-Gubała E. (1991) Wspomaganie decyzji wielokryterialnych: system „Bipolar”. *Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu. Seria Monografie i Opracowania*, 76.
- Kopelowitz A. (1967) Computation of the Kernels of Simple Games and the Nucleolus of N-Person Games. RM No. 31, Research Program in Game Theory and Math. Economics, Department of Mathematics, Hebrew University of Jerusalem.

- Korhonen P., Laakso J. (1986) A Visual Interactive Method for Solving the Multiple Criteria Problem. *EJOR*, 24, 227-287.
- Korhonen P., Salo S., Steuer, R.E.(1997) A heuristic for estimating nadir criterion values in multiple objective linear programming. *Operations Research* 45(5), 751-757.
- Korhonen P., Moskowitz H., Wallenius J., Zionts S. (1986) An Interactive Approach to Multiple Criteria Optimization with Multiple Decision-Makers. *Naval Research Logistics Quarterly*, vol. 33, 589-602, John Wiley & Sons.
- Korhonen P., Wallenius J. (1989) Supporting Individuals in Group Decision-making. Helsinki School Of Economics, Finland.
- Kostreva M.M., Ogryczak W., Wierzbicki A. (2004) Equitable Aggregation and Multiple Criteria Analysis. *EJOR*, 158, 362-367.
- Krajewska M.A., Kopfer H. (2006) Collaborating freight forwarding enterprises. *OR Spectrum*, 28 (3), 301-317.
- Kreglewski T., Paczynski J., Granat J., Wierzbicki A. P. (1988) IAC-DIDAS-N A Dynamic Interactive Decision Analysis and Support System for Multicriteria Analysis of Nonlinear Models with Nonlinear Model Generator supporting model analysis, IIASA working paper, IIASA, Laxenburg , Austria.
- Kreglewski T., (1984) private communication.
- Kruś L. (1985) An Interactive Method for Decision Support in a Two-person Game with an Example from Regional Planning. In: Plural Rationality and Interactive Decision Processes, M. Grauer, M. Thompson, A. P. Wierzbicki eds., Lecture Notes in

Economics and Mathematical Systems, Springer, Berlin, 336-343.

Kruś L., Lopuch B., Bronisz P., (1989) Application of interactive solutions for decision support in bargaining problem, an illustrative example. In: Methodology and Applications of Decision Support Systems, R. Kulikowski (ed.), Proceeding of the 3-rd Polish-Finnish Symposium, Gdansk, 1988, 121-140.

Kruś L., Bronisz P., Lopuch B., (1990) MCBARG - Enhanced, A System Supporting Multicriteria Bargaining, IIASA Collaborative Paper, CP-90-006, IIASA, Laxenburg, Austria.

Kruś, L., Lopuch B. (1989) Wielokryterialny problem targu w przypadku modeli liniowych i jego rozwiązanie przy użyciu systemu MCBARG. Przykład modeli gospodarstwa rolnego. Opracowanie ZTSW 16/17/89, IBS PAN, Warszawa.

Kruś L., Bronisz P. (1990). Decision Support on Joint Development Program, Opracowanie, ZTSW, IBS PAN, Warszawa.

Kruś L., (1991) Some Models and Procedures for Decision Support in Bargaining, W: Multiple Criteria Decision Support. Korhonen, Lewandowski, Wallenius (ed.), Lecture notes in Economics and Math. Systems, Vol. 356, Springer Verlag, Berlin 350-359.

Kruś, L. (1992a) Interactive Approach to multicriteria bargaining on an example of acid rains problem. W: Systems and Control (Han-Fu Chen Ed.) International Acad. Publ., Beijing, China.

Kruś, L. (1992b) Computer Based Mediation Support. W: Preprints of the IFAC Workshop on "Support Systems for Decision and Negotiation Processes", June, 24-26, 1992, Warsaw, Poland.

- Kruś L., Bronisz P. (1993) Some New Results in Interactive Approach to Multicriteria Bargaining. W: User Oriented Methodology and Techniques of Decision Analysis, Wierzbicki i inni (red.), Lecture Notes in Econ. and Math. Systems, Springer Verlag, Berlin, str 21-34.
- Kruś L., Bronisz P. (1994) On n-person Noncooperative Multicriteria Games Described in Strategic Form. *Annals of Operation Research*. Vol. 51 (1994), 83-97. J. C. Balzer AG, Sci. Publ.
- Kruś L., Nahorski Z., Owsinski J. W. (eds.) (1994). Decision Support in Negotiations and Policy Determination. Special issue of *Control and Cybernetics*. Vol. 22, No.4, 1993 (appeared in 1994).
- Kruś L. (1994) Wspomaganie negocjacji w wielokryterialnym zagadnieniu targu. Biuletyn Instytutu Badań Systemowych PAN. Nr 2, 14-26.
- Kruś L., Bronisz P. (1995) Solution Concepts in Multicriteria Cooperative Games without Side Payments. W: System Modelling and Optimization, J. Dolezal (ed.), Chapman and Hall Publ.
- Kruś L., Bronisz P. (1996) Cooperative Game Model for a Cost Allocation Problem. In: S. Bańka, S. Domek, Z. Emirsajłow (eds) Methods and Models in Automation and Robotics. Proc of the Third Int. Symposium. 10-13 September, Międzyzdroje Poland. Technical Univ. of Szczecin, Vol. 1, 275-280.
- Kruś L., (1996) Multicriteria Decision Support in Negotiations, *Control and Cybernetics*, Vol. 25 , No. 6, 1245-1260.
- Kruś L., Bronisz P. (1998) Cooperative game in partition function form for a cost allocation problem. In: S. Bańka, S. Domek, Z. Emirsajłow (eds) Methods and Models in Automation

and Robotics. Proc.of the Fifth Int. Symposium. 25-29 August, Międzyzdroje, Poland. Technical Univ. of Szczecin, 279-284.

Kruś L., Bronisz, P., (2000) Cooperative game solution concepts to a cost allocation problem, *European Journal of Operational Research*. Vol. 122 , No. 2, 258-271.

Kruś L. (2002a) A System Supporting Financial Analysis of an Innovation Project in the Case of Two Negotiating Parties, *Bull. of Polish Academy of Sci., Ser. Techn.*, Vol. 50, No. 1, 93-108.

Kruś L. (2002b) Multicriteria Decision Support in Bargaining, a Problem of Players Manipulations, in: T. Trzaskalik, J. Michnik, (eds), *Multiple Objective and Goal Programming*, Physica Verlag, Springer, Berlin.

Kruś L., (2004a), A Computer Based System Supporting Analysis of Cooperative Strategies, in: L. Rutkowski, J. Siekmann, R. Tadeusiewicz, L. Zadeh, (eds), *Artificial Intelligence and Soft Computing - ICAISC 2004*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Berlin.

Kruś L. (2004b) A multicriteria approach to cooperation in the case of innovative activity, *Control and Cybernetics*, Vol. 33 , No. 3.

Kruś L. (2008) On Some Procedures Supporting Multicriteria Cooperative Decisions. *Foundations of Computing and Decision Science*, 33 (3), 257-270.

Kruś L. (2009) Cost Allocation in Partition Function Form Games. *Operation Research and Decisions*, No. 2, 39-49.

- Kruś L. Skorupiński J., Toczyłowski E. (2010) Analiza motywacyjnie zgodnych decyzji wielokryterialnych na przykładzie problemu producenta i klientów. *Badania Operacyjne i Systemowe*.
- Kulikowski R. (1998) Portfolio optimization: two factors utility approach, *Control & Cybernetics*, 3.
- Kulikowski R.(2002) URS methodology - a tool for stimulation of economic growth by innovations, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Sci. Tech.*, Vol. 50 , No. 1.
- Kulikowski R.(2003) On general theory of risk management and decision support systems, *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Sci. Tech.*, Vol. 51 No. 3.
- Kulikowski R. , L. Kruś (2003) Support of education decisions. In: *Group Decisions and Voting* (J. Kacprzyk, D. Wagner eds), Akad. Oficyna Wyd. EXIT, Warszawa.
- Lax D. A., Sebenius J. K. (1985) The Power of Alternatives and the Limits to Negotiations, *Negotiation J.* Vol. 1, 163-179.
- Legros P.(1986) Allocating Joint Costs by Means of Nucleolus, *Int. Journal of Game Theory*, Vol. 15, Issue 2, 109-119.
- Lewandowski A., A.P. Wierzbicki A.P. (1989) *Aspiration Based Decision Support Systems*. Springer, Berlin.
- Lewandowski A., T. Kreglewski, T. Rogowski, A. P. Wierzbicki (1989) Decision Support Systems of DIDAS Family. In: *Aspiration Based Decision Support Systems*, (A. Lewandowski, A.P. Wierzbicki eds.) *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Vol. 331, Springer-Verlag, 21-47.

- Littlechild S.C. (1974) A Simple Expression for the Nucleolus in a Special Case, *Int. Journal of Game Theory*, Vol. 3, Issue 1, 21-29.
- Littlechild, S.C., Thompson, G.F. (1977) Aircraft landing fees: a game theory approach. *The Bell Journal of Economics*. Vol. 8, 186-204.
- Littlechild S.C., Vaidya K.G. (1976) The Propensity to Disrupt and the Disruption Nucleolus of a Characteristic Function Game, *Int. Journal of Game Theory*, Vol. 5, 151-161.
- Lucas, W.F., (1965) Solution for Four-Person Games in Partition Function Form, *SIAM Review*. Vol. 13, 118-128.
- Lucas, W.F. (1968) A game with no solutions. *Bull. of the American Mathematical Society* Vol. 74, 237-239.
- Lucas, W.F. (1969) The proof that a game may not have a solution. *Transactions of the American Mathematical Society*, Vol.137, 219-229.
- Luce R.D., H. Raiffa, (1957) *Games and Decisions: Introduction and Critical Survey*, New York: Wiley.
- Makowski M. (2005) A structured modeling technology. *EJOR*, Vol. 166 (3), 615-648.
- Makowski, M., Somlyódy, L. and Watkins, D. (1996), Multiple Criteria Analysis for Water Quality Management in the Nitra Basin. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 32: 937-951.
- Makowski, M. (2000) Modeling paradigms applied to the analysis of European air quality. *EJOR*, Vol. 122 (2), 219-241.

- Maschler M, Peleg B, Shapley L.S. (1979) Geometric Properties of the Kernel, Nucleolus and Related Solution Concepts, *Mathematics of Operations Research*, Vol. 4, 303-338.
- Matsubayashi N., Umezawa M., Masuda Y. and Nishino H. (2005) A cost allocation problem arising in hub-spoke network systems. *European Journal of Operational Research*, Vol. 160 (3), 821-838.
- Matwin S., Szpakowicz S., Koperczak Z., Kersten G.E., Michalowski W.(1989) Negoplan: An Expert System Shell for Negotiation Support, *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 4 (4), 50-62.
- Matwin, S., Szapiro T., Haigh K. (1991) Genetic Algorithms Approach to a Negotiation Support System. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* Vol. 21 (1), 102-114.
- Michalowski W., Szapiro T. (1989) A procedure for worst outcomes displacement in multiple criteria decision making . *Computers and Operations Research*, Vol. 16, (3), 195-206.
- Michalowski W., Szapiro T. (1992) A Bi-reference Procedure for Interactive Multiple Criteria Programming. *Operations Research*, Vol. 40, No. 2
- Miettinen, K. (2008) Introduction to Multiobjective Optimization: Noninteractive Approaches. In: Multiobjective Optimization, J. Branke, K. Deb, K. Miettinen, R. Słowiński (Eds.), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Moulin H. (1988) Axioms of Cooperative Decision Making. Cambridge University Press, Cambridge.

- Nakayama H. (1985) Aspiration Level Approach to Interactive Multi-objective Programming and its Applications. W: *Advances in Multicriteria Analysis* (Pardalos P. M., Siskos Y., Zopounidis C. red.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 147-174.
- Narula S.C., Kirilov L., Vassilev V. (1994) Reference Direction Approach for Solving Multiple Objective Nonlinear Programming Problems. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 24, 804-806.
- Nash J.F., (1950) The Bargaining Problem, *Econometrica*, Vol. 18, 155-162.
- Nash J.F., (1953) Two-Person Cooperative Games, *Econometrica*, Vol. 21, 129-140.
- von Neumann, J., O. Morgenstern (1953) *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton, New Jersey, Princeton Univ. Press.
- Nunamaker J., F., Applegate L., M., Konsynsky B., R. (1988) Computer-aided deliberation: Model Management and Group Decision Support. *Operations Research*, Vol. 36., 826-848.
- Nyhart J., Samarasan D. (1989) The Elements of Negotiation Management: Using Computers to Help Resolve Conflict. *Negotiation Journal*, 43-62.
- Nykowski I., Żółkiewski Z.(1985) A compromise procedure for the multiple objective linear fractional programming problem. *European J. Oper. Res.* 19, 91-97.

- Ogryczak W., (1997) Wielokryterialna optymalizacja liniowa i dyskretna. Modele preferencji i zastosowania do wspomaganie decyzji. Warszawa, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Ogryczak W., (2002) Multiple criteria optimization and decisions under risk, *Control and Cybernetics*, Vol. 31 , No. 4.
- Ogryczak W., Śliwiński T. (2007) On Optimization of the Importance Weighted OWA Aggregation of Multiple Criteria. LNCS **4705**, 804-817.
- Ogryczak W., (2008) Reference Point Method with Lexicographic Min-ordering of Individual Achievements. W: Multiple Criteria Decision Making 07, T. Trzaskalik red.. Publisher of The Karol Adamiecki University of Economics in Katowice, Katowice, 155-174.
- Pawlak Z.(1982) Rough sets. *International Journal of Computer and Information Sciences*, 11, 341-356.
- Pawlak Z.(1991) Rough Sets. Kluwer, Dordrecht.
- Peleg, B. (1963) Solutions to Cooperative Games without Side Payments. *Trans. Amer. Math. Soc.* Vol. 106, 280-292.
- Piasecki, St., J. Hołubiec, A. Ameliańczyk (1982). Międzynarodowa kooperacja gospodarcza, modelowanie i optymalizacja. PWN, Warszawa.
- Raiffa H., (1953) Arbitration Schemes for Generalized Two-Person Games, *Annals of Mathematics Studies*, No. 28 361-387, Princeton.
- Raiffa H. (1982) The Art and Science of Negotiations. Harvard Univ. Press, Cambridge.

- Ransmeier J. S. (1942) *The Tennessee Valley Authority: A Case Study in the Economics of Multiple Purpose Stream Planning*, The Vanderbilt University Press, Nashvill.
- Rogowski, J. Sobczyk, A. P. Wierzbicki (1988) *IAC-DIDAS-L A Dynamic Interactive Decision Analysis and Support System, Linear Version*. WP-88-110, IIASA, Laxenburg, Austria.
- Roth A.E., (1979a) An Impossibility Result Concerning n-Person Bargaining Games, *International Journal of Game Theory*, Vol. 8, 129-132.
- Roth A.E., (1979b) *Axiomatic Model of Bargaining*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Vol. 170, Springer-Verlag, Berlin.
- Roth A.E. , M.W.K. Malouf , (1979) Game-Theoretical Models and the Role of Information in Bargaining, *Psychological Review*, Vol. 86, 1163-1170.
- Roy B. (1990) *Wielokryterialne wspomaganie decyzji*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Warszawa.
- Savage L. J., *The foundations of statistics*. New York, Wiley, 1954
- Sawaragi Y., Nakayama H., Tanino T. (1985) *Theory of Multiobjective Optimization*. Academic Press, New York.
- DeSanctis G., Gallupe R., B. (1987) A Foundation for the Study of Group Decision Support Systems. *Management Science*, Vol. 33, No. 5., 589-609.
- Schmeidler D. (1969) The Nucleolus of a Characteristic Function Game, *SIAM Journal of Applied Mathematics*, Vol. 17, No. 3, 1163-1169.

- Sebenius J. K. (1992) Negotiation Analysis: A Characterization and Review *Management Science*, Vol. 38, No. 1, 18-38.
- Sebenius J. K. (2007) Negotiation Analysis: Between Decisions and Games. W: W. Edwards, R. Miles, D. von Winterfeldt (eds.), *Advances in Decision Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Seo F. (1988) Utilization of Mathematical Programming in Group Decision Making: An Application to Effective Formation of Integrated Regional Information Networks. Discussion Paper No. 254, Kyoto Institute of Economic Research, Kyoto University.
- Seo F. Sakawa M. (1987) Multiple Criteria Decision Analysis in Regional Planning, D. Reidel Publishing Co.
- Shakun M. (1988) Evolutionary Systems Design. HoldenDay, Oakland, CA.
- Shapley L. S. (1953) A Value for n-Person Game, *Annals of Mathematics Studies*, Vol. 28,
- Shapley L. S., Schubik M. (1966) Quasi-cores in Monetary Economy with Nonconvex Preferences, *Econometrica*, Vol. 34, 805-827.
- Skulimowski A. (1996) Decision Support Systems Based on Reference Sets Theory Multiobjective Optimization. AGH-Press, Kraków.
- Skwarczyło M. (1988) Opis użytkowy programu SCONVEX. Opracowanie ZTSW-24-17/88, IBS PAN, Warszawa.
- Stam A., H. Cesar, M. Kuula (1989) Transboundary Air Pollution in Europe: An Interactive Multicriteria Tradeoff Analysis, WP-89-61, IIASA, Laxenburg, Austria.

- Stearns R. (1964) On the Axioms for a Cooperative Game without Side Payments. *Proc. Amer. Math. Soc.* Vol. 15, 82-86.
- Steuer R.E.(1986) Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application. Wiley, New York.
- Szapiro T. (1991) Podejście interaktywne we wspomaganii podejmowania decyzji. SGH. Warszawa.
- Szapiro T. (1993) Co decyduje o decyzji. PWN, Warszawa.
- Szapiro T.(red.) (2000) Decyzje menadżerskie z Excelem. PWE, Warszawa.
- Szapiro T., Wojewnik P. (2007) Negotiating an Investment Strategy with Fuzzy Redescriptions. W: G. Kersten, j. Rios, E. Chen (red.) *Proc. Group Decisions and Negotiations 2007*, Vol. II, Concordia Univ., Montreal, Canada.
- Szapiro T., Wojewnik P. (2008) Universal Software Platform for Construction of Web-based Negotiation Support Systems. W: J. Climaco, G. Kersten, J. P. Costa (red.) *Group Decisions and Negotiation, Proceedings*, 203-204.
- Teich J. E., Wallenius H., Kuula M., Zionts S. (1995) A Decision Support Approach for Negotiation with an Application to Agricultural Income Policy Negotiations. *European Journal of Operational Research*, Vol. 81, 76-87.
- Thomson W., (1980) Two Characterization of the Raiffa Solution, *Economic Letters*, Vol. 6, 225-231.
- Thrall, R.M., Lucas W.F. (1963) n-Person Games in Partition Function Form, *Naval Research Logistics Quarterly*, 10, 281-298.

- Toczyłowski E.(2003) Optymalizacja procesów rynkowych przy ograniczeniach. AOW EXIT, Warszawa.
- Toczyłowski E. (2009) Zgodność motywacji w mechanizmach rynku energii. Rynek Energii, II(IV) , 88-95.
- Trzaskalik T. (1990) Wielokryterialne dyskretne programowanie dynamiczne. Teoria i zastosowania w praktyce gospodarczej. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach.
- Trzaskalik T. (1997) Multiple Criteria Discrete Dynamic Programming. W: Multiple Criteria Decision Making. Fandel G., Gal T. (eds), LNEMS 448, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 202-211.
- Trzaskalik T. (1998) Multiobjective analysis in dynamic environment. Karol Adamiecki University of Economics in Katowice (Katowice).
- Trzaskalik T., Michnik J. (red.) (2002) Multiple objective and goal programming : Recent developments. Physica-Verlag, Springer.
- Trzaskalik T., Sitarz S. (2007) Discrete dynamic programming with outcomes in random variable structures. *European Journal of Operational Research*, 177, (3), 1535-1548.
- Trzaskalik T. (red.) (2006) Metody wielokryterialne na polskim rynku finansowym. PWE, Warszawa.
- Tversky A., Kahneman O., (1981) The framing of decisions and the psychology of choice, *Science*, Vol. 211, 453-480.
- Tversky A. (1967) Utility theory and additivity analysis of risky choices, *Experimental Psychology*, Vol. 75, 27-37.

- Vetschera, R.(1990) Group Decisions and Negotiation Support - a Methodological Survey. *OR Spectrum*, Vol. 17, 67-77.
- Vetschera R., Kersten G., Köszegi S. (2006) User Assessment of Internet-Based Negotiation Support Systems: An Exploratory Study. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce* Vol. 16 (2), 123-148.
- Vetschera, R.(2007) Preference structures and negotiator behavior in electronic negotiations. *Decision Support Systems* Vol. 44 (1), 135-146.
- Wachowicz T. (2006) Application of Multiple Attribute Stochastic Dominance to Selection of Negotiation Strategies in E-negotiations. W: Multiple Decision Making 05, T. Trzaskalik (red). The Karol Adamiecki University of Economic Press, Katowice.
- Wachowicz T. (2008) Negotiation and Arbitration Support with Analytic Hierarchical Process. W: Multiple Decision Making 07, T. Trzaskalik (red). The Karol Adamiecki University of Economic Press, Katowice.
- Wierzbicki A. (2010) Trust and Fairness in Open, Distributed Systems. Springer
- Wierzbicki A.P., (1982) A Mathematical Basis for Satisficing Decision Making, *Mathematical Modelling*, 3, 391-405.
- Wierzbicki A.P., (1983) Negotiation and Mediation in Conflicts I: The Role of Mathematical Approaches and Methods, Working Paper WP-83-106, IIASA, Laxenburg; także w: H. Chestnat i inni, (ed): Supplemental Ways to Increase International Stability, Pergamon Press, Oxford, 1983.

- Wierzbicki A.P., (1985) Negotiation and Mediation in Conflicts II: Plural Rationality and Interactive Decision Processes, W: M.Grauer, M.Thompson, A.P.Wierzbicki (ed): Plural Rationality and Interactive Decision Processes, Proceedings Sopron 1984, Springer-Verlag, Heidelberg.
- Wierzbicki A.P.,(1986) On the Completeness and Constructiveness of Parametric Characterizations to Vector Optimization Problems, *OR Spectrum* 8:73-87, Springer Verlag.
- Wierzbicki A.P., (1990) Multiple Criteria Solutions in Noncooperative Game Theory, Part III. Discussion Paper 288, Kyoto Institute of Economic Research, Kyoto University, Kyoto.
- Wierzbicki A.P., (1987) Towards Interactive Procedures in Simulation and Gaming: Implications for Multiperson Decision Support, W: Methodology and Software for Interactive Decision Support, Proceedings of International Workshop, Albena, Springer Verlag.
- Wierzbicki, A. P., L. Krus, M. Makowski (1993) The Role of Multi-Objective Optimization in Negotiation and Mediation Support” in: Theory and Decision, special issue on “International Negotiation Support Systems: Theory, Methods, and Practice, Vol. 34 (3), 201-214.
- Wierzbicki A. P., M. Makowski, J. Wessels, (2000) Model-based Decision Support Methodology with Environmental Applications, Kluwer Academic Press, Dordrecht, Boston.
- Wierzbicki A. P. (2005) A Reference Point Approach to Coalition Games. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* Vol. 13 (2-3), 81-89.

- Young H. P., Okada N., Hashimoto T. (1980) Cost Allocation in Water Resources Development - A Case Study of Sweden. RR 80-32, IIASA, Laxenburg, Austria.
- Young P. (1982) Cost allocation. Prentice Hall. New York.
- Young P. (1985) Monotonic solutions of cooperative games. *International Journal of Game Theory*, Vol. 14 (2),65-72.
- Young P. (1992) Negotiation Analysis. The University of Michigan Press.
- Zeleny, M.(1973) Compromise programming. In: Cochrane, J.L., Zeleny,M. (eds.) Multiple Criteria Decision Making, 262-301. University of South Carolina, Columbia, SC.
- Zionts S., Wallenius J. (1976) An Interactive Programming Method for Solving the Multiple Criteria Problem. *Management Science* 22, 652-663.
- Zionts S., Wallenius J. (1983) An Interactive Multiple Objective Linear Programming Method for a Class of Underlying Utility Functions. *Management Science* 29, 519-529.

Rozpatruje się sytuacje decyzyjne, w których występuje kilku decydentów, negocjujących warunki współpracy. Problem dotyczy podziału efektów współpracy, przy czym każdy decydent ma swój odrębny, wielokryterialny zestaw celów, które chciałby osiągnąć i kieruje się swoimi preferencjami.

W pracy przedstawia się podstawy teoretyczne i metody wspomaganie procesu decyzyjnego w takich sytuacjach z wykorzystaniem odpowiednio zbudowanego systemu komputerowego. Rozpatrywane sytuacje opisywane są formalnie jako modele wielokryterialnego problemu targu i wielokryterialnych gier koalicyjnych. Proponowane są koncepcje rozwiązań w tych grach uwzględniające preferencje decydentów, a następnie wielorundowe procedury negocjacyjne wspomagające proces znajdowania zgodnego rozwiązania. W poszczególnych rundach takiej procedury stosowana jest jednostronna i wielostronna analiza wielokryterialna możliwych wypłat, przy czym system komputerowy generuje propozycje mediacyjne. Przedstawia się konstrukcję zbudowanego systemu komputerowego MCBARG, w którym taka procedura została zaimplementowana oraz przykłady problemów kooperacji.

ISSN 0208-8029
ISBN 9788389475381

SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE
POLISH ACADEMY OF SCIENCES
Phone: (+48) 22 3810246 / 22 3810277 / 22 3810241 / 22 3810273
email: biblioteka@ibspan.waw.pl