ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: AUTOMATYKA z. 113 Nr kol. 1246

Stanisław KOWALIK

PODEJMOWANIE DECYZJI KOMPROMISOWYCH W OPARCIU O TEORIE GIER KOOPERACYJNYCH

Streszczenie. Praca dotyczy podejmowania decyzji kooperacyjnych. W pracy rozważono trzy zasady postępowania przy negocjacji:
- wybór strategii maksymalizujących sumę zysków,
- wykorzystanie poziomów bezpieczeństwa wynikających z wartości gry,
- wykorzystanie strategii gróźb.

MAKING COMPROMISE DECISIONS ON THE BASIS OF THE THEORY OF COOPERATIVE GAMES

Summary. The work deals with making cooperatiwe decisisions. Three principles of operation while negotiating have been discussed:
- the choice of strategies maximizing the sum of profits,
- making use of the safety levels resulting from the value of the game,
- making use of the threat strategies.

ПРИНЯТИЕ КОМПРОМИССНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ КООПЕРАТИВНЫХ ИГР

Резюме. Работа относится к принятию кооперативных решений. Рассматриваются три принципа поведения во время переговоров:
- выбор стратегий максимально увеличающих сумму прибыли,
- использование уровней безопасности вытекающих из стоимости игры,
- использование стратегий угроз.

1. WSTĘP

Rozważana tematyka wykorzystuje teorię gier o sumie niezerowej [1], [2], [3], [4], [5], [6]. Gry o sumie niezerowej nie są ściśle konkurencyjne, tak jak to się ma w przypadku gier o sumie zerowej [1], [2], [5], [6], [7]. W grach o sumie zerowej to co jeden partner zyskuje, to drugi tyle traci. W grach o sumie niezerowej partnerzy mają ustalone wypłaty i zmiana strategii może spowodować równoczesny wzrost wypłat u obu partnerów (graczy) lub też równoczesne ich zmniejszenie. W tej pracy będziemy zajmowali się dwuosobowymi grami kooperacyjnymi. Oznacza to, że partnerzy najpierw uzgadniają między sobą, jakie decyzje należy podjąć. Ta kooperacja partnerów przy podejmowaniu decyzji ma na celu osiągnięcie jak największych zysków (wypłat gry). Gdyby partnerzy nie współdziałali, to zyski mogłyby być o wiele niższe. Taką problematyką zajmuje się teoria niekooperacyjnych gier o sumie niezerowej [1], [2], [3], [5], [6].

W pracy tej będziemy wykorzystywali też podstawowe pojęcia z teorii gier o sumie zerowej, takie jak strategia czysta, strategia mieszana, punkt siodłowy gry, strategia dominująca., strategia zdominowana, cena gry [1], [2], [5], [6], [7]. Tych pojęć nie będziemy definiowali ani omawiali zakładając, że czytelnik je zna. Nie omawiamy ich, ponieważ tematyka tej pracy nie dotyczy gier o sumie zerowej; wskazujemy tylko na odpowiednią literaturę.

Przez strategie będziemy rozumieli w odniesieniu do kopalni takie działania, które w przyszłości pozwolą jej zwiększyć zysk. Mogą to być przykładowo:
- wiercenie nowego szybu,
- zakup nowej obudowy ścianowej FAZOS-18/35 Pp,
- zakup kombajnu KGS-440/B,
- zainstalowanie na kopalni nowej sieci komputerowej typu UNIX,
- wysłanie pracowników na szkolenie do Anglii,
- rozbudowa magazynu,
- zwolnienie grupy pracowników,
- zmiana cen sprzedawanego węgla itp.

Ponieważ omawiana problematyka dotyczy nie tylko kopalni, ale także innych zakładów pracy czy firm prywatnych, więc dalej będziemy używali słowa przedsiębiorstwo zamiast kopalnia lub gracz.

Ponieważ w pracy często będziemy posługiwali się strategiami mieszanymi i wartością (ceną) gry oraz będziemy te strategie wyznaczali w konkretnych przykładach, dlatego przypomnimy, w jaki sposób wyznaczamy te strategie dla gier dwuosobowych o dwóch strategiach, tj. gier typu 2x2 (ponieważ tego rodzaju przykłady będą występowały w pracy).

Jeżeli gra nie posiada punktu siodłowego i jest powtarzana wielokrotnie, to stosuje się wtedy różne strategie czyste z określonymi częstotliwościami. Taka kombinacja liniowa strategii czystych nazywa się strategią mieszaną. Na jej podstawie określa się cenę gry. Stosowanie wyznaczonej strategii mieszanej pozwala graczowi na osiągnięcie ceny gry niezależnie od posunięć partnera.

Zakładamy, że gracz A ma do dyspozycji strategie czyste α_1 i α_2, a gracz B strategie czyste β_1 i β_2. Taką grę możemy przedstawić w następującej postaci

$$\begin{array}{cc} & B \\ & \begin{array}{cc} \beta_1 & \beta_2 \end{array} \\ A \begin{array}{c} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{array} & \begin{bmatrix} (a_{11}, b_{11}) & (a_{12}, b_{12}) \\ (a_{21}, b_{21}) & (a_{22}, b_{22}) \end{bmatrix} \end{array} \tag{1}$$

gdzie:

a_{ij} - ozn. wypłatę dla gracza A przy zastosowaniu strategii (α_i, β_j),

b_{ij} - ozn. wypłatę dla gracza B przy zastosowaniu strategii (α_i, β_j).

Przyjmujemy, że gracz A będzie stosował strategię α_1 z prawdopodobieństwem p, a strategię α_2 z prawdopodobieństwem 1-p. Natomiast gracz B będzie stosował strategię β_1 z prawdopodobieństwem q, a strategię β_2 z prawdopodobieństwem 1-q. Mówimy, że gracz A stosuje strategię mieszaną $(p\alpha_1, (1-p)\alpha_2)$., a gracz B stosuje strategię mieszaną $(q\beta_1, (1-q)\beta_2)$. Prawdopodobieństwa p i q maksymalizujące poziomy bezpieczeństwa graczy wyznaczamy na podstawie wzorów [1], [6]:

$$p = (a_{22} - a_{21}) / (a_{11} - a_{12} + a_{22} - a_{21}), \tag{2}$$

$$q = (b_{22} - b_{12}) / (b_{11} - b_{12} + b_{22} - b_{21}). \tag{3}$$

Wartość (cenę) gry dla gracza A oblicza się na podstawie wzoru

$$W_A = pa_{1j} + (1-p)a_{2j} \qquad (j = 1 \text{ lub } 2). \tag{4}$$

Dla gracza B wartość gry wynosi

$$W_B = qb_{i1} + (1-q)b_{12} \qquad (i = 1 \text{ lub } 2). \tag{5}$$

W pracy rozważania nasze będziemy ilustrowali na przykładach dwóch fikcyjnych przedsiębiorstw o podobnym profilu produkcyjnym, których celem jest maksymalizacja zysków.

2. WYBÓR STRATEGII MAKSYMALIZUJĄCYCH SUMĘ ZYSKÓW Z PODZIAŁEM PROPORCJONALNYM DO WARTOŚCI GRY

Przyjmujemy, że mamy do czynienia z dwoma przedsiębiorstwami A i B. Przedsiębiorstwa te będą podejmowały pewne działania o charakterze inwestycyjno-modernizacyjnym mające na celu zwiększenie swoich zysków. Ponieważ przyjmujemy, że przedsiębiorstwa te mają podobny profil produkcyjny i działają w jednym rynku, to zysk jednego przedsiębiorstwa jest uzależniony od podjętych działań drugiego przedsiębiorstwa (i odwrotnie). Te działania będziemy nazywać strategiami. Przyjmujemy, że przedsiębiorstwo A ma do dyspozycji strategie α_1 i α_2, a przedsiębiorstwo B strategie β_1 i β_2. W tej metodzie postępowania przyjmujemy, że przedsiębiorstwa uzgodniły między sobą wybór pary strategii (α_k, β_l) dający im sumaryczny największy zysk. Podział tego zysku będzie proporcjonalny do wartości (ceny) gry poszczególnych graczy (przedsiębiorstw).

Przykład 1
Dana jest gra

$$\begin{array}{cc} & B \\ & \begin{array}{cc} \beta_1 & \beta_2 \end{array} \\ A \begin{array}{c} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{array} & \begin{bmatrix} (1,\ 8) & (3,\ 2) \\ (4,\ 3) & (2,\ 5) \end{bmatrix} \end{array} \tag{6}$$

Parą strategii, która daje największy sumaryczny zysk, jest (α_1, β_2). Uważamy, że partnerzy A i B doszli do porozumienia o zastosowaniu strategii (α_1, β_1) dających sumaryczny zysk 1 + 8 = 9 jednostek. Jak podzielić "sprawiedliwie" ten zysk? W tym rozdziale punktem wyjścia do rozważań będzie cena gry. Obliczamy więc cenę gry dla każdego gracza z osobna. Gracz A może sobie zapewnić wygraną 2.5 stosując strategię mieszaną $(0{,}5\alpha_1, 0{,}5\alpha_2)$ niezależnie od zastosowanych strategii partnera [1], [2], [6], [7]. Tak samo gracz B może sobie zapewnić zysk 4.25 stosując strategię mieszaną $(0{,}375\beta_1, 0{,}675\beta_2)$ nie biorąc pod uwagę posunięć partnera [1], [2], [6], [7]. Oznacza to, że bez współdziałania ze sobą partnerzy mogą uzyskać sumaryczny zysk wynoszący 2,5 + 4,25 = 6,75. Przy współdziałaniu mogą uzyskać więcej, tj. 9. Zysk 9 podzielimy więc proporcjonalnie do ceny gry dla poszczególnych graczy, tj.:

zysk A = 9 · 2,5 /6,75 = 3,333,

zysk B = 9 · 4,75 /6,75 = 5.667.

Okazało się, że obydwaj partnerzy współdziałając uzyskali więcej aniżeli wtedy, gdyby nie współdziałali i stosowali swoje najlepsze strategie mieszane.

Ten sposób wyboru strategii i podziału zysku stosujemy wtedy, gdy w grze występuje tylko jedna para strategii dająca sumaryczny największy zysk. Żadna inna para strategii czystych ani zadana strategia mieszana nie da partnerom większego sumarycznego zysku. Nie trzymając się tej wybranej pary strategii, gracze mogą sobie zapewnić zyski równe odpowiednim cenom gry. Ponieważ zastosowanie tej wybranej strategii daje większy sumaryczny zysk, to partnerzy dzielą się nim proporcjonalnie do swoich cen gry.

3. OBSZAR NEGOCJACJI GRY

Najpierw rozważymy cały obszar wypłat osiąganych w grze negocjacyjnej. W tym celu będziemy rozpatrywać wszystkie możliwe kombinacje strategii mieszanych. Posłużymy się do tego przykładem 2.

Przykład 2
Dana jest gra

$$\begin{array}{cc} & B \\ & \begin{array}{cc} \beta_1 & \beta_2 \end{array} \\ A \begin{array}{c} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{array} & \begin{bmatrix} (2,\ 10) & (5,\ 2) \\ (10,\ 2) & (3,\ 4) \end{bmatrix} \end{array} \tag{7}$$

Obszar wypłat osiągalnych w tej grze negocjacyjnej przedstawiony jest na rysunku 1.

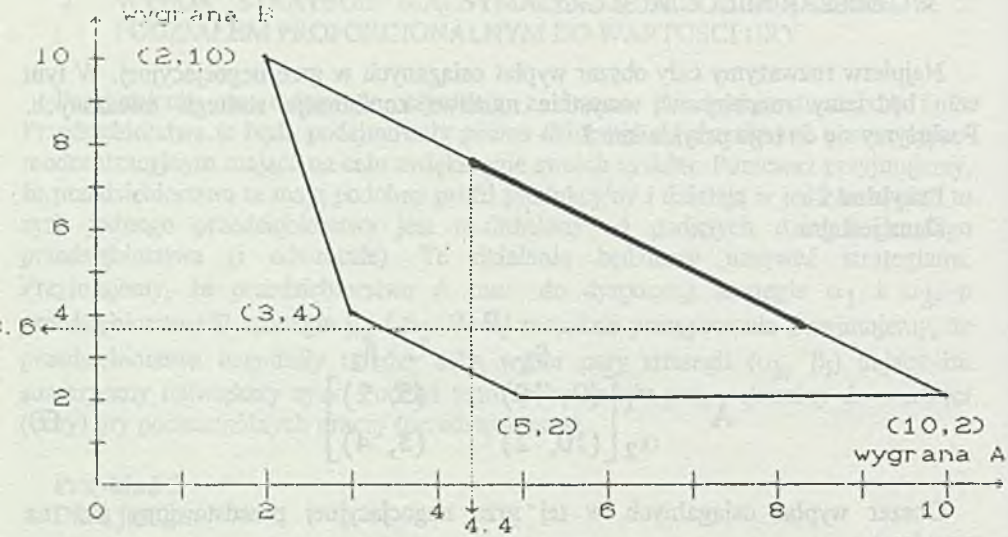
Nie mamy tu jednej wyróżnionej pary strategii, która dawałaby największy sumaryczny zysk. Najwyższe wypłaty osiągane są na boku czworokąta między punktami (2, 10) i (10, 2). Każdy punkt spoza tego odcinka może być "poprawiony" w tym sensie, że obaj gracze łącznie mogą otrzymać więcej w jakimś innym punkcie. Równocześnie dla punktów leżących na tym odcinku każdy z graczy może poprawić swoją wypłatę jedynie kosztem drugiego. Zbiór takich punktów nazywa się zbiorem łącznie niedominowanym albo zbiorem optymalnym w sensie Pareto [2], [6]. Rozwiązanie gry negocjacyjnej powinno więc znajdować się w zbiorze punktów łącznie niedominowanych.

Rozpatrzymy jeszcze, czy każdy z punktów zbioru optymalnego w sensie Pareto jest możliwy do przyjęcia przez partnerów. Partner A nie zgodzi się na rozwiązanie (α_1, β_1) dające mu wypłatę 2, skoro jego minimalna wypłata zagwarantowana strategią mieszaną ($0{,}7\alpha_1$, $0{,}3\alpha_2$) wynosi 4,4. Także partner B nie przystanie na rozwiązanie (α_2, β_1) dające mu wypłatę 2, ponieważ jego minimalna wypłata zagwarantowana strategią mieszaną ($0{,}2\beta_1$, $0{,}8\beta_2$) wynosi 3,6.

Rozwiązanie gry musi znajdować się na pogrubionej części odcinka łączącego punkty (2, 10) i (10, 2). Uwzględniając oba podane kryteria, możemy następująco scharakteryzować obszar, w którym powinno być zawarte rozwiązanie gry negocjacyjnej:

a) dla żadnego punktu (pary wypłat) tego obszaru gracze nie mogą łącznie poprawić swoich wypłat (optymalność w sensie Pareto),
b) w żadnym z punktów gracz nie otrzymuje mniej niż zapewnia mu jego poziom bezpieczeństwa.

Tak scharakteryzowany obszar par wypłat nazywa się obszarem negocjacji gry [2], [6].



Rys. 1. Obszar wypłat oraz obszar ngeocjacji w grze kooperacyjnej
Fig. 1. The payoff areas and the negotiation area in a cooperative game

Trzeba wyraźnie zaznaczyć, że omawiana tematyka dotyczy gier kooperacyjnych. Oznacza to, że uzgodnione przez partnerów strategie działania będą realizowane w grze. Istnieje tu pokusa, aby przechytrzyć partnera i zastosować inną strategię, nie taką jaka wynika z kooperacji. Celem takiego działania byłoby zwiększenie swojego indywidualnego zysku z jednoczesnym zmniejszeniem zysku partnera. Skutkiem nierzetelności jednego z partnerów może być zerwanie kooperacji. Wyznaczaniem strategii przy braku współdziałania partnerów zajmuje się teoria gier niekooperacyjnych.

4. ROZWIĄZANIE GRY WYKORZYSTUJĄCE POZIOMY BEZPIECZEŃSTWA WYNIKAJĄCE Z WARTOŚCI GRY

Przedstawimy teraz rozwiązanie gry negocjacyjnej zaproponowane przez Nasha [2], [3], [6]. Dla gry należy określić pewną parę wypłat (u_0, v_0) tzw. "status quo". Są to wypłaty, jakie otrzymują gracze w przypadku nieuzgodnienia podziału zysków. Każdy z graczy może zagwarantować sobie wygraną równą wartości gry (cenie gry) stosując odpowiednią strategię mieszaną. Te ceny gry będą traktowane jako poziomy bezpieczeństwa dla poszczególnych graczy. Stanowić one będą jednocześnie "status quo" dla danej gry. Nash podaje rozwiązanie gry, jako parę (u, v) maksymalizującą wartość iloczynu [2], [3], [6]:

$$(u - u_0)(v - v_0) \tag{8}$$

gdzie

- u - ozn. wypłatę pierwszego gracza,
- v - ozn. wypłatę drugiego gracza,
- u_0 - ozn. cenę gry dla pierwszego gracza,
- v_0 - ozn. cenę gry dla drugiego gracza.

Para (u, v) musi leżeć w obszarze negocjacji gry.

Przykład 3

Dana jest gra

$$\begin{array}{cc} & B \\ & \begin{array}{cc} \beta_1 & \beta_2 \end{array} \\ A \begin{array}{c} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{array} & \begin{bmatrix} (2,\ 6) & (20,\ 10) \\ (10,\ 20) & (3,\ 4) \end{bmatrix} \end{array} \tag{9}$$

Obszar wypłat osiąganych w tej grze negocjacyjnej przestawiony jest na rysunku 2.

Wartość gry dla gracza A wynosi 7.76 przy zastosowaniu strategii mieszanej $(0{,}28\alpha_1\ 0{,}72\alpha_2)$. Dla gracza B wartością gry jest 8.8 przy zastosowaniu strategii mieszanej $(0{,}3\beta_1, 0{,}7\beta_2)$. Tak więc obszarem negocjacji gry w tym przypadku jest cały bok czworokąta (rys. 2) leżący pomiędzy punktami (10, 20) i (20, 10). Naszym celem jest znalezienie pary (u, v) maksymalizującej wyrażenie

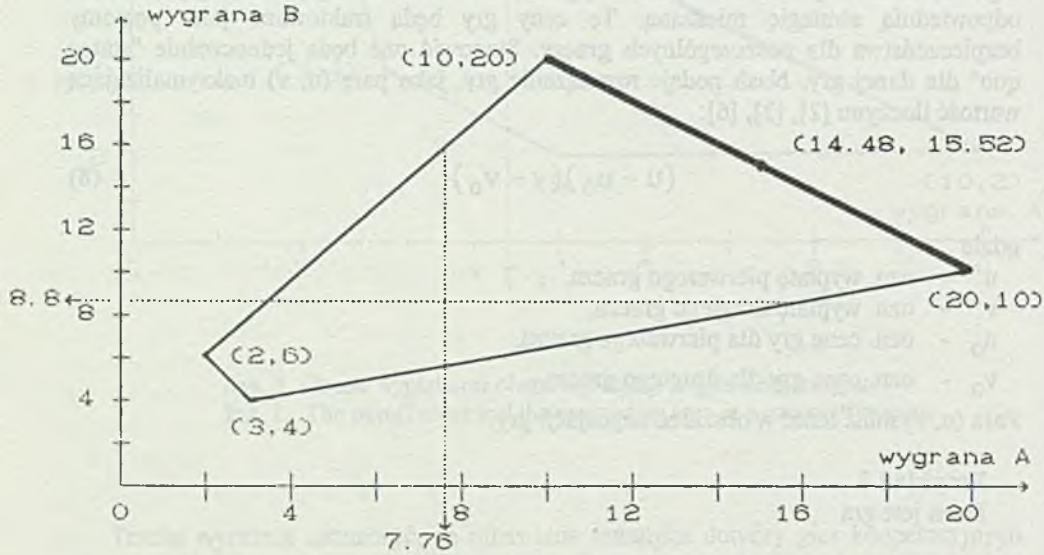
$$(u - 7.76)(v - 8.8). \tag{10}$$

Para (u, v) musi leżeć w obszarze negocjacji gry, a więc na prostej o równaniu

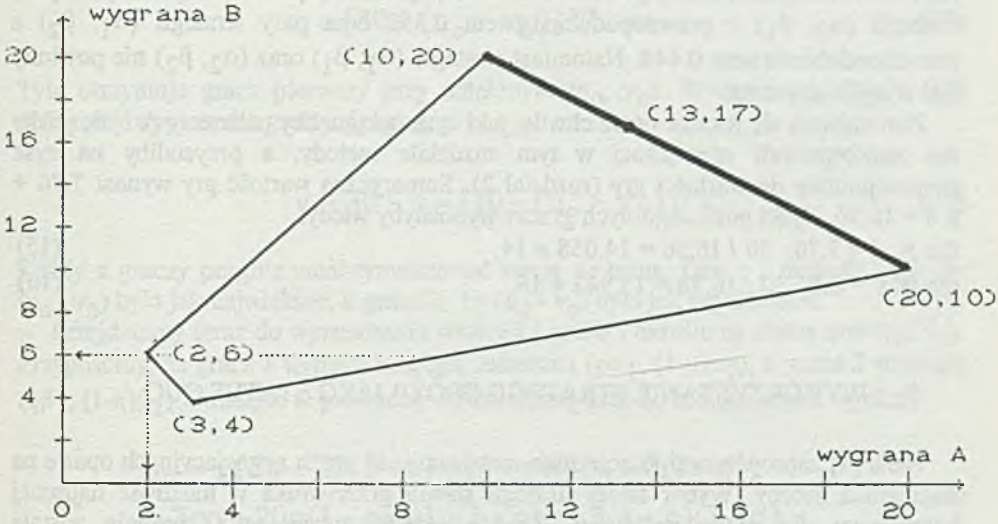
$$v = 30 - u. \tag{11}$$

Podstawiając (11) do (10) możemy przedstawić (10) w postaci funkcji

$$f(u) = (u - 7.76)(21.2 - u) = -u^2 + 28.96u - 164.512. \tag{12}$$



Rys. 2. Obszar wypłat, obszar negocjacji i punkt "status quo" określony na podstawie ceny gry
Fig. 2. The payoff area, the negotiation area and thw "status quo" point determined on the basis of the value of the game



Rys. 3. Obszar wypłat, obszar negocjacji i punkt "status quo" określony na podstawie strategii gróźb

Fig. 3. The payoff area, the negotiation area and the "stattus quo" point dteremined on the basis of the threat strategies

Maksimum tej funkcji występuje w punkcie u = 14.48 i wynosi v = 15.52. Tak więc sumaryczny zysk 30 powinien zostać podzielony w następujących proporcjach: 14.48 dla A i 15.52 dla B.

Powstaje jeszcze do rozwiązania problem: jakie strategie mieszane powinni uzgodnić partnerzy A i B, aby otrzymać takie zyski. Oznaczmy przez p prawdopodobieństwo użycia pary strategii (α_2, β_1), a przez (1-p) prawdopodobieństwo użycia pary strategii (α_1, β_2). Mamy wtedy

$$p(10,\ 20) + (1-p)(20,\ 10) = (14.48,\ 15.52). \tag{13}$$

Rozpisujemy wzór (13) na dwa równania

$$\begin{cases} 10p + 20(1-p) = 14.48, \\ 20p + 10(1-p) = 15.52. \end{cases} \tag{14}$$

Jest to układ dwóch równań liniowo zależnych. Wystarczy więc rozwiązać jedno z nich. Po rozwiązaniu mamy p = 0.552. Tak więc partnerzy powinni używać tylko pary strategii (α_2, β_1) z prawdopodobieństwem 0.552 oraz pary strategii (α_1, β_2) z prawdopodobieństwem 0.448. Natomiast strategie (α_1, β_1) oraz (α_2, β_2) nie powinny być w ogóle używane.

Zastanówmy się jeszcze przez chwilę, jaki zysk osiągnęliby partnerzy A i B, gdyby nie zaakceptowali rozważanej w tym rozdziale metody, a przystaliby na zysk proporcjonalny do wartości gry (rozdział 2). Sumaryczna wartość gry wynosi 7.76 + 8.8 = 16.56. Zyski poszczególnych graczy wynosiłyby wtedy:

dla A: $u = 7.76 \cdot 30 / 16.56 = 14.058 \approx 14$, (15)

dla B: $v = 8.8 \cdot 30 / 16.58 = 15.942 \approx 16$. (16)

5. WYKORZYSTANIE STRATEGII GRÓŹB JAKO STATUS QUO

Nash [4] zaproponował jeszcze inne rozwiązanie w grach negocjacyjnych oparte na strategiach groźby. Wybór takiej strategii stawia przeciwnika w możliwie najmniej korzystnym dla niego położeniu. Zwykle jednak, gdyby taka strategia została wykonana, pogorszyłaby również w jakimś stopniu położenie grożącego. Rozwiązanie takiej gry negocjacyjnej obejmuje dwa etapy: pierwszy polega na wyborze przez obu graczy właściwych strategii gróźb, a drugi na targu o końcowy podział zysku przy ustalonym status quo będącym punktem w obszarze wypłat odpowiadającym zastosowaniu wybranych wcześniej strategii gróźb [4], [6].

Rozpatrzymy wykorzystanie strategii gróźb dla gry przedstawionej w przykładzie 3 w rozdziale 4. Gra ta ma postać

$$\begin{array}{cc} & \text{B} \\ & \begin{array}{cc} \beta_1 & \beta_2 \end{array} \\ \text{A} \begin{array}{c} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{array} & \begin{bmatrix} (2,\ 6) & (20,\ 10) \\ (10,\ 20) & (3,\ 4) \end{bmatrix} \end{array} \tag{17}$$

Obszar wypłat osiąganych w tej grze negocjacyjnej przedstawiony jest na rysunku 2. Obszarem negocjacji gry jest bok czworokąta (rys. 2) leżący pomiędzy punktami (10, 20) i (20, 10). Rozwiązanie (u, v) musi leżeć na prostej o równaniu

$$v = 30 - u. \tag{18}$$

Poszukujemy (u_0, v_0), takiego by (u-u_0) (v-v_0) było maksymalne. Wykorzystując równanie (18) otrzymujemy

$$f(u) = (u - u_0)(30 - u - v_0). \tag{19}$$

Maksimum tej funkcji jest w punkcie

$$u = [30 + (u_0 - v_0)]/2. \tag{20}$$

Tyle otrzymuje gracz pierwszy przy ustalonym (u_0, v_0). Wykorzystując wzór (18) obliczamy wypłatę dla gracza drugiego.

$$v = 30 - u = [30 - (u_0 - v_0)]/2. \tag{21}$$

Każdy z graczy pragnie zmaksymalizować swoją wygraną. Gracz 1 dąży do tego, by (u_0 i v_0) było jak największe, a gracz 2, by (u_0 - v_0) było jak najmniejsze.

Przejdziemy teraz do wyznaczania strategii i gróźb i określenia status quo (u_0, v_0). Przypuśćmy, że gracz 1 wybiera strategię mieszaną ($p\alpha_1$, $(1-p)\alpha_2$), a gracz 2 strategię ($q\beta_1$, $(1-q)\beta_2$). Strategie te prowadzą w rozważanej grze do następujących wypłat:

$$\begin{aligned} u_0 &= p(2q + 20(1-q) + (1-p)(10q + 3(1-q)) = \\ &= 2pq + 20p(1-q) + 10(1-p)q + 3(1-p)(1-q), \end{aligned} \tag{22}$$

$$\begin{aligned} v_0 &= q(6p + 20(1-p)) + (1-q)(10p + 4(1-p)) = \\ &= 6pq + 10p(1-q) + 20(1-p)q + 4(1-p)(1-q). \end{aligned} \tag{23}$$

Obliczamy teraz (u_0 - v_0)

$$u_0 - v_0 = -4pq + 10p(1-q) - 10(1-p)q - (1-p)(1-q). \tag{24}$$

Prawa strona tej równości może być zapisana jako gra, w której gracz 1 stosuje swoją strategię z prawdopodobieństwem p i (1 - p), a gracz 2 z prawdopodobieństwami q i (1 - q). Współczynniki liczbowe oznaczają wypłaty gry. Są to różnice wypłat otrzymywanych przez gracza 1 i gracza 2. Ta gra ma postać

$$\begin{array}{c c} & \begin{array}{cc} q & 1\text{-}q \end{array} \\ \begin{array}{c} p \\ 1-p \end{array} & \begin{bmatrix} -4 & 10 \\ -10 & -1 \end{bmatrix}. \end{array} \tag{25}$$

Jest to ściśle konkurencyjna gra rozgrywana przy ustalaniu status quo dla strategii gróźb. W tej grze występują strategie dominujące. Dla gracza 1 dominującą strategią jest pierwsza (z prawdopodobieństwem p), a dla gracza 2 też pierwsza (z prawdopodobieństwem p), a dla gracza 2 też pierwsza (z prawdopodobieństwem q). Ta gra posiada punkt siodłowy o wartości -4. Tak więc strategiami groźby są strategie czyste (α_1, β_1).

Te strategie prowadzą w grze pierwotnej do pary wypłat (2, 6) i to stanowi status quo tej gry wyznaczony przez strategie gróźb.

Znajdujemy teraz maksimum wyrażenia

$$(u-u_0)(v-v_0)=(u-2)(v-6)=(u-2)(24-u). \tag{26}$$

Sprowadza się to do znalezienia maksimum paraboli o równaniu

$$f(u)=-u^2+26u-48. \tag{27}$$

Maksimum to występuje dla u=13 i osiąga wartość v=17. Tak więc sumaryczny zysk 30 powinien zostać podzielony w następujących proporcjach: 13 dla A i 17 dla B.

6. ZAKOŃCZENIE

W pracy przedstawiono trzy metody postępowania przy negocjacji. Wybór metody nie jest przypadkowy. O ile w grze występuje jedna para strategii dająca sumaryczny największy zysk, to należy zastosować pierwszą z omawianych metod. Nie ma w tym przypadku dylematu, którą parę strategii wybrać.

Gdy istnieje wiele par strategii, gdzie sumaryczny zysk jest taki sam i jednocześnie jest maksymalny, wtedy stosujemy metodę drugą.

Jeśli mamy sytuację taką, jak poprzednio, a w negocjacji dochodzi element groźby, tj., gdy jeden z partnerów grozi zastosowaniem strategii najbardziej niekorzystnej dla przeciwnika, wtedy stosujemy trzecią omówioną metodę postępowania.

Problematyka poruszana w pracy wydaje się aktualna ze względu na przeprowadzaną prywatyzację w Polsce oraz restrukturyzację górnictwa. Głównym czynnikiem istnienia kopalń, przedsiębiorstw czy firm staje się opłacalność produkcji. Zakłady nierentowne stają przed groźbą likwidacji. Przedsiębiorstwom zależy na zwiększeniu zysków. Zakłady łączą się w spółki czy holdingi po to, aby produkcja stała się opłacalna. Na rynku zaczynają obowiązywać zasady konkurencji. Praca niniejsza miała wykazać, że współpraca w podejmowaniu decyzji może przynieść obopólne większe korzyści, aniżeli ścisła konkurencja. Potwierdzają to metody zaprezentowane w tej pracy.

LITERATURA

[1] Kofler E.: Wstęp do teorii gier. PZWS, Warszawa 1963.
[2] Luce R.D., Raiffa H.: Gry i decyzje. PWE, Warszawa 1964.
[3] Nash J.F.: Noncooperative games. Annals of Mathematics, vol. 54, 1951.
[4] Nash J.F.: Two-person co-operative games. Econometrica, vol. 21, 1953.
[5] Świerniak A.: Podejmowanie decyzji w sytuacjach konflikowych. Skrypt Politechniki Ślaskiej, Gliwice 1988.

[6] Tyszka T.: Konflikty i strategie. WNT, Warszawa 1978.
[7] Wiliams J.D.: Strateg doskonały. Wprowadzenie do teorii gier. PWN, Warszawa 1965.

Recenzent: Dr hab. inż. Andrzej Świerniak

Wpłynęło do Redakcji 23.09. 1994 r.

Abstract

The work deals with two-person cooperative games. We make use of the theory of cooperative non-zero-sum games [1], [2], [3], [4], [5], [6]. The cooperation of partners while making decisions aims at achieving the highest possible profits. It means that the partners must first agree upon the decisions which should be made. If the partners do not cooperate, the profits could be much lower. Three principles of operation while negotiating have been discussed:
- the choice of strategies maximizing the sum of profits,
- making use of the safety levels resulting from the value of the game,
- making use of the threat strategies.

The first principle is discussed in the second chapter. From all possible strategies we choose such a pair of strategies (α_k, β_l) which gives the total biggest profit. Next, we calculate the value of the game for both partners (players). The division of the profit will be proportional to the values of the game of particular players.

Considerations in the thirs chapter deal with determining the negotiation area of the game [2], [6]. Our task is to choose from all possible strategies the best one giving a big profit for both partners. Such a payoff area must fulfil two conditions [2], [6]:
a) for no point (a pair od payoffs) of this area the players can increase their payoffs jointly (optimality in the sense of Pareto),
b) in none od these points the player gets less than he is guaranteed by his safety level.

The third chapter presents the solution of the negotiation game proposed by Nash [2], [3], [6]. A certain pair of payoffs (u_0, v_0) so called "status quo" should be determined for the game. These are the payoffs that the players get in case of not having agrees on profits. The values of the game of particular players are assumed to be "status quo". The pair (u, v) maximizing the value of the product ($u-u_0$) ($v-v_0$) is assumed to be the solution of the game.

Nash [4] proposed another solution of the negotiation games based on the threat strategies. These are the strategies that put an opponent in the least advantageous situation. The values of the game (uo, vo) corresponding to these strategies are "status quo" for this method of operation. The pair (u, v) maximizing the value of the product ($u - u_0$) ($v - v_0$) with "status quo" determined in this way is assumed to be the solution of the game.

The purpose of this work is to show that cooperation in making decisions can bring bigger advantages for both players than keen competition. It has been confirmed by the methods presented in this work.