O roli informacji na temat macierzy wypłat w konkurencyjnej grze na rynku telekomunikacyjnym

Sylwester Laskowski

Na podstawie elementów teorii gier przeprowadzono analizę różnych przypadków symetrii i asymetrii informacyjnej, dotyczącej gier rynkowych na rynku telekomunikacyjnym. Jako przykład przeanalizowano wpływ informacji o strukturze kosztów, ponoszonych przez graczy konkurencyjnych w grze o zysk. Zilustrowano niektóre problemy związane z istnieniem ograniczeń informacyjnych oraz wskazano korzyści, jakie wypływają z ich przekraczania.

symetria i asymetria informacyjna, teoria gier, analiza macierzy wypłat, konkurencja, rynek telekomunikacyjny

Wprowadzenie

Konkurencja jest postrzegana obecnie jako skuteczne narzędzie stymulowania rozwoju rynku telekomunikacyjnego. Kluczem, a zarazem główną przeszkodą w jej wprowadzeniu, są zagadnienia związane z połączeniami międzysieciowymi, w szczególności zaś wysokość stawek rozliczeniowych. Rozwiązaniem tego problemu – prostym, ale trudnym w praktycznej realizacji, a przez to zawodnym – ma być regulacja cen usług na rynku hurtowym oparta na powiązaniu ich z kosztami świadczenia tych usług. Wysokość cen na rynku detalicznym pozostawia się operatorom, sugerując jedynie, aby między cenami na rynku hurtowym a cenami na rynku detalicznym nie było wyraźnego powiązania. Zasada ta prowokuje operatorów do zawyżania wysokości kosztów na rynku hurtowym, przez odpowiednie „przesunięcia” składników kosztów z rynku detalicznego na hurtowy tak, aby uzyskać możliwie największą cenę za usługi związane z połączeniami międzyoperatorskimi. Przypomina to nieco próbę kierowania koniem, przez ciągnięcie go tylko za jedną uzdę. W rzeczywistości bowiem, z punktu widzenia operatorów, rynki hurtowe i detaliczne są wzajemnie ściśle powiązane, a decyzje dotyczące jednego z nich, pośrednio dotyczą też drugiego, zatem zwiększanie ceny na jednym z nich implikuje konieczność – jeśli tylko nie chce się ponieść straty – zmniejszenia cen na drugim i odwrotnie. Rynki te wiąże nie tylko koszt świadczenia usług, który można określić jako własność opisującą operatora. Drugim, bardzo istotnym łącznikiem jest popyt na oferowane usługi, swoista własność opisująca użytkowników usług, funkcja opisująca zależność liczby nabywanych dóbr czy usług w zależności od licznych czynników, w tym cen. Dopiero znajomość popytu i kosztów umożliwia trafne prognozowanie wpływu cen na sytuację rynkową.

Ceny, wraz z powiązanymi z nimi usługami, jakie świadczą przedsiębiorstwa telekomunikacyjne, stanowią swoistą *strategię gry* w konkurencyjnej grze rynkowej [16]. Wysokość cen zależy od celów, jakie przedsiębiorstwo chce osiągnąć, a także od celów przedsiębiorstw konkurencyjnych i przyjętych przez nie sposobów ich realizacji (w tym ustalonych przez nie cen). Owe cele, jak np. maksymalizacja zysku, maksymalizacja udziału w rynku, maksymalizacja ruchu generowanego w określonej relacji, minimalizacja kosztów świadczenia usług itp., definiują kryteria oceny podjętych decyzji.

Gracze rynkowi podejmują swoje decyzje w sytuacji licznych ograniczeń, w tym ograniczeń informacyjnych [14]. Koncepcja obowiązku przedstawiania oferty ramowej, nakładanego na podmioty o znaczącej pozycji rynkowej, stanowi jeden z instrumentów, służących zaradzeniu negatywnym skutkom takiej sytuacji, przez stworzenie przejrzystych i równoprawnych warunków dostępu do sieci operatora, na którego nałożono obowiązek przedstawiania takiej oferty [10]. Jest to jednakże instrument operujący wyłącznie na rynku hurtowym, a ponadto nie wydaje się, aby jego skuteczność wybiegała poza wąskie ramy celów, jakie przed nim postawiono [11].

Jednym z istotnych ograniczeń informacyjnych, przed jakimi stają gracze rynkowi, jest nieznajomość struktury kosztów ponoszonych przez konkurencję. Z faktu tego wynika niemożność określenia funkcji zysku①, a co się z tym wiąże, ustalenia, jaki poziom cen za świadczone przez konkurencyjne przedsiębiorstwo usługi jest dla niego najbardziej (w danych warunkach) korzystny. Problem ten staje się ważny w przypadku, gdy gracze podejmują swe decyzje sekwencyjnie, uzależniając je wzajemnie od decyzji wcześniej podjętych przez konkurentów oraz od przewidywanych odpowiedzi konkurentów na własne decyzje. Nieznajomość funkcji zysku graczy konkurencyjnych, stanowiącej jedno z podstawowych kryteriów oceny wyników działalności każdego przedsiębiorstwa, jest równoznaczna z niemożnością oszacowania, jakie decyzje oni podejmą (jakie ustalą ceny) w odpowiedzi na decyzje podjęte przez danego gracza.

Niniejsza publikacja stawia sobie za cel ilustrację pewnych problemów związanych z istnieniem tego typu ograniczeń informacyjnych oraz pewnych korzyści, jakie wypływają z ich przekraczania.

Metoda i założenia

Proces podejmowania decyzji opiera się zawsze na takich informacjach, jak:

1) informacje o aktualnym stanie obiektu, którego decyzja dotyczy;
2) informacje o ewentualnych skutkach, jakie w obiekcie lub wokół niego może spowodować podjęta decyzja.

Informacje pierwszego rodzaju są zwykle decydentom znane. Informacje drugiego rodzaju próbuje się odczytywać z różnego rodzaju prognoz, analiz, symulacji itp.

W sytuacjach konfliktowych opisanych za pomocą pojęć teorii gier, tzw. sytuacjach growych [13], gdzie aktualny i przewidywany stan obiektu – wynik gry – może zostać wyrażony w postaci macierzy wypłat, informację dodatkowo można podzielić na dwie grupy:

1) informacja o własnej macierzy wypłat,
2) informacje o macierzy wypłat pozostałych graczy.

Poszczególni gracze mogą w sposób pełny lub niepełny mieć informacje tych dwóch typów albo w szczególnym przypadku którejś z nich nie mieć w ogóle.

Analizując sytuację konkurencji na rynku telekomunikacyjnym, pojęcie macierzy wypłat można rozumieć w sposób ogólny, a jej szczególny przypadek zależy od definicji funkcji wypłaty. Funkcją wypłaty może być funkcja zysku, oparta na modelu popytu i modelu kosztów świadczenia zysku, czy funkcja udziału w rynku, wyrażająca liczbę użytkowników korzystających z usług danego operatora. Przez pojęcie strategii (i-tej) gracza A (strategia a_i) można rozumieć wektor cen $\mathbf{P}_{Ai}$, przypisanych tym elementom, świadczonych przez operatora A usług (jednostkom usługowym), za które pobiera

① *Do określenia funkcji zysku, oprócz funkcji kosztów, jest konieczna również funkcja przychodów. Ta ostatnia wiąże się z modelem popytu, który jest wspólny dla całego rynku, a więc i dla wszystkich graczy [6].*

on opłatę. Dwie strategie gracza A, czyli strategia $a_i = \mathbf{P}_{Ai}$ oraz strategia $a_j = \mathbf{P}_{Aj}$, będą strategiami różnymi, jeśli wektor cen $\mathbf{P}_{Ai}$ będzie się różnił przynajmniej na jednej pozycji od wektora $\mathbf{P}_{Aj}$.

Można przyjąć, że funkcją wypłaty jest funkcja zysku. Zysk jest różnicą przychodów, czerpanych ze świadczenia usług i ponoszonych z tego tytułu kosztów. Przychody są równe iloczynowi wielkości sprzedanych usług i ich ceny. Wielkość sprzedanych usług dla danej ceny wynika wprost z charakterystyki popytu na te usługi. Dlatego można powiedzieć, że dany gracz w grze o zysk zna własną macierz wypłat, jeśli zna model popytu, własny model kosztów, a także zbiór własnych potencjalnych strategii gry oraz strategii konkurentów (przewiduje za co i w jakiej wysokości – spektrum możliwych cen – mogą być pobierane opłaty). Model popytu jest wspólny dla całego rynku, dlatego można powiedzieć, że dany gracz nie zna macierzy wypłat konkurenta, jeśli nie zna jego modelu kosztów.

Tabl. 1. Ilustracja pojęć strategii i wypłaty

Strategie	b_1	b_2	$\mathbf{b_3}$	b_4
a_1			$\vdots$	
$\mathbf{a_2}$	......	......	$[\mathbf{V_3}(\mathbf{a_2}), \mathbf{V_2}(\mathbf{b_3})]$	......
a_3			$\vdots$	
a_4			$\vdots$	

W tablicy 1 pokazano wzajemną zależność między pojęciami strategii i wypłaty dla dwóch graczy: gracza A i gracza B. W tablicy tej, będącej przykładem macierzy wypłat, zilustrowano wypłaty zarówno gracza A, jak i gracza B. Gracz A ma tu do wyboru strategie a_1, a_2, a_3 i a_4, natomiast gracz B strategie b_1, b_2, b_3 i b_4. Jeśli gracz A wybierze strategię a_i, a gracz B strategię b_j, to otrzymają oni w ten sposób wypłaty – odpowiednio $V_j(a_i)$ i $V_i(b_j)$.

Analiza przypadków

Zakładając dla uproszczenia, że mamy dwóch graczy (dwa przedsiębiorstwa telekomunikacyjne) A i B, można rozpatrzyć trzy następujące przypadki:

– gracz A nie zna macierzy gracza B, B nie zna macierzy A (przypadek NN);

– gracz A zna macierz gracza B, B nie zna macierzy A lub odwrotnie (przypadek TN-NT);

– gracz A zna macierz gracza B, B zna macierz A (przypadek TT);

Przypadek NN

Przypadek NN to sytuacja, gdy ani gracz A nie zna macierzy wypłat gracza B, ani gracz B nie zna macierzy wypłat gracza A. Obaj gracze znają swoje własne macierze wypłat. W grze o zysk odpowiada to sytuacji, gdy gracze znają model popytu oraz wyłącznie własne modele kosztów. Gracze podejmują wówczas swoje decyzje, opierając się na analizie wyłącznie własnej macierzy wypłat. Ten typ gier jest nazywany grami przeciwko naturze, a problem decyzyjny jest określony jako problem podejmowania decyzji w warunkach niepewności lub ryzyka, w zależności od tego, czy są znane prawdopodobieństwa wyboru poszczególnych strategii przez gracza konkurencyjnego.

Cenne dla naszych rozważań jest spostrzeżenie, że w przypadku wielokrotnego powtarzania gry dany gracz, analizując posunięcia konkurenta, jest w stanie odczytać pewne informacje dotyczące jego macierzy wypłat (ilustruje to przykład 1).

Przykład 1

Założono, że w pierwszej iteracji gry gracz A wybrał swoją strategię a_2, natomiast gracz B – strategię b_3 (tabl. 2). W takiej sytuacji gracze otrzymują wypłaty – odpowiednio $V_3(a_2)$ i $V_2(b_3)$.

Tabl. 2. Odgadywanie postaci macierzy wypłat konkurenta na podstawie jego decyzji – iteracja 1

Strategie	b_1	b_2	$\mathbf{b_3}$	b_4
a_1			$\vdots$	
$\mathbf{a_2}$	......	......	$[\mathbf{V_3(a_2), V_2(b_3)}]$	......
a_3			$\vdots$	
a_4			$\vdots$	

Tabl. 3. Odgadywanie postaci macierzy wypłat konkurenta na podstawie jego decyzji – iteracja 2

Strategie	b_1	$\mathbf{b_2}$	b_3	b_4
a_1		$\vdots$		
$\mathbf{a_2}$	......	$[\mathbf{V_2(a_2), V_2(b_2)}]$	......	......
a_3		$\vdots$		
a_4		$\vdots$		

Jeśli teraz w kroku drugim gracz A podtrzyma swoją strategię a_2, natomiast gracz B w odpowiedzi na to, zmieni swoją strategię na b_2 (tabl. 3), to na podstawie tych dwóch decyzji gracze są w stanie wyciągnąć następujące wnioski.

- **Informacja dla gracza *A***. Wypłata $V_2(b_3)$ jest dla gracza B raczej gorsza niż wypłata $V_2(b_2)$, a najprawdopodobniej, ta ostatnia jest największą z wypłat w drugim wierszu jego macierzy wypłat.
- **Informacja dla gracza *B***. Wypłata $V_3(a_2)$ jest najprawdopodobniej największą z wypłat gracza A w trzeciej kolumnie jego macierzy wypłat.

Opisane spostrzeżenie oczywiście nie pozwala graczom jednoznacznie wyrokować o strukturze kosztów konkurenta. Natomiast w konkretnych przypadkach umożliwia ograniczenie zbioru strategii, jakie może wybrać konkurent.

Warto zatem sformułować kolejne cenne spostrzeżenie, że uzyskane rozwiązanie równowagowe[①] (jeśli istnieje) nie musi być pareto-optymalne, czego gracze, nie znając macierzy wypłat konkurenta, nie będą świadomi (por. przykład 2).

Przykład 2

W tablicy 4 przedstawiono macierz wypłat dla dwóch graczy: A i B. Macierz ta ma dwa rozwiązania równowagowe dla strategii a_2-b_2 i a_1-b_3.

Tabl. 4. Nieoptymalne rozwiązanie gry

Strategie	b_1	b_2	b_3
a_1	[0,0]	[0,2]	$[\mathbf{3},\mathbf{3}]$
a_2	[0,0]	$[\mathbf{2},\mathbf{2}]$	[1,1]
a_3	[2,2]	[1,4]	[1,1]

Jeśli z jakichś powodów gracze znajdą się w punkcie wyznaczonym przez strategie a_2-b_2, to najprawdopodobniej żaden z nich w kolejnych iteracjach, strategii swojej nie zmieni (byłoby to – przy założeniu niezmienności strategii drugiego – niopłacalne). W tej sytuacji obaj gracze otrzymają wypłatę w wysokości 2. Jest to rozwiązanie nieoptymalne. Obaj skorzystaliby na wyborze strategii a_1 i b_3. Widać zatem, że w tym przypadku dla obu graczy jest korzystna znajomość macierzy wypłat konkurenta.

Przypadek NT-TN

Przypadek NT-TN to sytuacja, gdy jeden z graczy, oprócz własnej, zna jeszcze macierz wypłat konkurenta. Dla gry o zysk będzie to równoznaczne z sytuacją, gdy jeden z graczy zna model kosztów własny i konkurenta, konkurent zaś nie ma informacji o jego modelu. Znajomość macierzy wypłat nie jest oczywiście równoznaczna ze znajomością decyzji, jaką podejmie konkurent, mimo wszystko w szczególnych przypadkach informacja o macierzy wypłat konkurenta może być bardzo przydatna.

Podstawową sytuacją, w której z macierzy wypłat można odczytać potencjalne decyzje lub odrzucić te, które najprawdopodobniej nie zostaną wybrane, jest sytuacja, gdy któraś ze strategii konkurenta jest *strategią dominującą*. Można powiedzieć, że strategia x_i dominuje strategię x_j wtedy i tylko wtedy, gdy dla każdego k zachodzi zależność:

$$V_k(x_i) \geqslant V_k(x_j), \tag{1}$$

gdzie $V_k(x_i)$ oznacza wypłatę dla gracza X, gdy wybrał on swoją i-tą strategię, konkurent zaś wybrał strategię k-tą. W takim przypadku strategię x_i nazywa się *strategią dominującą* strategię x_j, natomiast strategię x_j – *strategią zdominowaną* przez x_i.

① *Rozwiązaniem równowagowym gry nazywa się taki układ strategii każdego z graczy, że żadnemu z nich nie opłaca się tej strategii zmieniać, jeśli tylko mają pewność, że pozostali gracze swoich strategii nie zmienią.*

Szczególnie atrakcyjna dla danego gracza jest sytuacja, gdy konkurent ma strategię dominującą jego wszystkie pozostałe strategie. Znajomość macierzy wypłat byłaby wówczas niemalże tożsama ze znajomością decyzji, jaką konkurent podejmie. Niemalże, ponieważ – jak to w dalszej części artykułu zostanie wykazane – wybór strategii dominującej nie zawsze jest najlepszym rozwiązaniem. Okazuje się jednak, że jeśli nawet konkurent ma strategię dominującą tylko część z jego pozostałych strategii, to świadomość tego faktu może pozwolić danemu graczowi na podjęcie jednoznacznej decyzji, uwzględniającej decyzję konkurenta. Można to rozważyć na kolejnym przykładzie.

Przykład 3

Macierz wypłat dla graczy *A* i *B* przedstawiono w tablicy 5. Gracz *A* zna wyłącznie własną macierz wypłat, gracz *B* zaś oprócz własnej zna jeszcze macierz wypłat gracza *A*. Z punktu widzenia gracza *A* jest to zatem sytuacja podejmowania decyzji w warunkach niepewności, której w teorii gier odpowiada

Tabl. 5. Oryginalna macierz wypłat

Strategie	b_1	b_2	b_3
a_1	[0,0]	$[2,\mathbf{0}]$	[2,2]
a_2	[2,1]	$[2,\mathbf{2}]$	[1,2]
a_3	[3,1]	$[1,\mathbf{1}]$	[1,0]

model gry przeciwko naturze. W literaturze [8, 9, 13, 16] dla tego typu gier podaje się zwykle pięć klasycznych podejść wyboru strategii gry, tzw. *kryteriów wyboru strategii*, dających w wyniku ich zastosowania rozwiązania w określonym sensie efektywne. Jeśli oznaczy się przez $V_j(a_i)$ – wielkość wypłaty dla gracza *A*, gdy wybrał on strategię a_i, a gracz *B* wybrał strategię b_j, oraz przez $\mathcal{I}_A$ zbiór indeksów strategii dopuszczalnych gracza *A*, wówczas kryteria te można zdefiniować przez następujące zadania optymalizacji.

1. Kryterium Walda:

$$\max\left\{\min_j V_j(a_i) : i \in \mathcal{I}_A\right\}. \tag{2}$$

2. Kryterium optymistyczne:

$$\max\left\{\max_j V_j(a_i) : i \in \mathcal{I}_A\right\}. \tag{3}$$

3. Kryterium Hurwicza:

$$\max\left\{\alpha \cdot \max_j V_j(a_i) + (1-\alpha) \cdot \min_j V_j(a_i) : i \in \mathcal{I}_A\right\}. \tag{4}$$

4. Kryterium Laplace'a:

$$\max\left\{\frac{1}{m}\sum_{j=1}^{m} V_j(a_i) : i \in \mathcal{I}_A\right\}. \tag{5}$$

5. Kryterium Savage'a:

$$\min\left\{\max_j \widetilde{V}_j(a_i) : i \in \mathfrak{I}_A\right\}, \tag{6}$$

gdzie

$$\widetilde{V}_j(a_i) = V_{j\max} - V_j(a_i), \tag{7}$$

zaś

$$V_{j\max} = \max_i V_j(a_i). \tag{8}$$

Jest znamienne, że żadne z powyższych kryteriów nie wskazuje na strategię a_1 gracza A[①] – jak się później okaże – najlepszą dla niego w tej sytuacji. Można wnioskować, że w sytuacji nieznajomości macierzy wypłat gracza B, gracz A najprawdopodobniej strategii a_1 nie wybierze.

Warto zwrócić uwagę, że strategia b_2 gracza B dominuje tu strategię b_1. Można wnioskować stąd, że gracz B strategii b_1 raczej nie wybierze. W momencie gdy gracz A poznaje macierz wypłat gracza B, dowiaduje się równocześnie o tej dominacji. Dlatego może uprościć analizę do rozpatrywania tylko sytuacji wyboru przez B strategii b_2 i b_3. W ten sposób macierz wypłat można uprościć do postaci przedstawionej w tablicy 6. W tak uproszczonej macierzy wypłat strategia a_1 dominuje strategie a_2 i a_3. Tak więc gracz A powinien ją wybrać.

Tabl. 6. Uproszczona macierz wypłat

Strategie	b_2	b_3
a_1	[**2**,0]	[**2**,2]
a_2	[2,2]	[1,2]
a_3	[1,1]	[1,0]

Jak to już poprzednio zasygnalizowano, nie zawsze wybór strategii dominującej jest dla danego gracza korzystny. Świadczy o tym przykład 4.

Przykład 4

Gracze A i B mają do wyboru tylko dwie strategie. Macierz wypłat dla obu graczy zilustrowano w tablicy 7. Jak widać, strategia a_1 gracza A dominuje jego strategię a_2. Gracz A zna macierz wypłat gracza B. Ponadto można przyjąć, że gracz A podejmuje jako pierwszy decyzję dotyczącą wyboru strategii[②] i decyzja ta będzie znana graczowi B, zanim ten podejmie swoją decyzję. W sytuacji gdy

① *Na strategię a_1 wskazuje mniej znane kryterium LNW (kryterium liczby największych wygranych) [5] zdefiniowane zależnością:*

$$\max\left\{\sum_j \Phi(\widetilde{V}_j(a_i)) : i \in \mathfrak{I}_A\right\},$$

gdzie

$$\Phi(x) = \frac{sign(-x)+1}{2},$$

natomiast $\widetilde{V}_j(a_i)$ jest zdefiniowane zgodnie z zależnością (7).

② *Wydaje się z pozoru, że skoro gracz A ma strategię dominującą, to nie ma powodu do zwlekania i decyzja gracza B nie powinna być dla niego ważna.*

gracz A wybierze swoją strategię dominującą a_1, najlepszą odpowiedzią na to ze strony gracza B będzie wybranie strategii b_2. W takim układzie gracz A zapewni sobie wypłatę równą 3, a gracz B wypłatę równą 5. Jeśli natomiast gracz A wybrałby swoją zdominowaną strategię a_2, wówczas najlepszą odpowiedzią gracza B jest wybranie strategii b_1. W tym układzie gracz A otrzymałby wypłatę równą 4, natomiast gracz B – równą 3. Widać zatem, że gracz A skorzysta na tym, że nie wybierze swojej strategii dominującej a_1.

Tabl. 7. Niekorzystny wynik dla gracza** A **przy wyborze przez niego strategii dominującej

Strategie	b_1	b_2
a_1	[**5**,3]	[**3**,5]
a_2	[4,3]	[2,2]

Jeszcze innym przykładem sytuacji, kiedy strategia dominująca nie przynosi najlepszego wyniku, jest gra *Dylemat więźnia* [13, 16].

Przykład 5

Macierz wypłat dla obu graczy przedstawiono w tablicy 8. Warto zwrócić uwagę, że w tej sytuacji zarówno gracz A, jak i gracz B mają strategie dominujące (a_2 i b_2). Jednakże wybierając je, nie uzyskują najlepszego rozwiązania. Znacznie lepiej wypadliby obaj, gdyby wybrali swoje zdominowane strategie a_1 i b_1. Jest to klasyczny przykład sytuacji, kiedy tzw. *racjonalność indywidualna* i *racjonalność zbiorowa* nie idą w parze.

Tabl. 8. Macierz wypłat w grze „Dylemat więźnia”

Strategie	b_1	b_2
a_1	[3,3]	[1,**5**]
a_2	[**5**,1]	[**2**,**2**]

Występowanie strategii dominujących w macierzy wypłat konkurenta to przypadek szczególnie atrakcyjny, w wielu bowiem przypadkach pozwala wskazać potencjalną strategię lub odrzucić strategie nie brane przez niego pod uwagę. Przydatność znajomości macierzy wypłat nie ogranicza się jednakże tylko do przypadku ze strategiami dominującymi. Znajomość macierzy wypłat może się okazać wielce przydatna również w bardziej typowych sytuacjach. Jeśli bowiem do znajomości macierzy wypłat dołoży się jeszcze znajomość „stylu” gry gracza konkurencyjnego, to z dużym prawdopodobieństwem można przewidzieć jego decyzje, nawet wtedy, gdy w jego macierzy brak jest strategii dominujących.

Intuicyjnie rozumiejąc owe pojęcia, można przyjąć, że w przypadku gdy dany gracz zdaje się prowadzić politykę „zachowaczą”, można spodziewać się, że w swych decyzjach będzie się kierował maksymalizacją minimalnej wypłaty, czyli kryterium Walda. Jeśli zaś jego polityka będzie bardziej „brawurowa”, to można przypuszczać, że będzie on mierzył w wartości największe, czyli będzie opierał swe decyzje na kryterium optymistycznym itp.

Przypadek TT

Rozważając przypadek obustronnej znajomości macierzy wypłat, należy odpowiedzieć na interesujące pytanie: „Kiedy gracz *A* powinien być zainteresowany dostarczeniem graczowi *B* informacji o swojej macierzy wypłat lub o wybranej strategii?” Innymi słowy, trzeba próbować rozstrzygnąć, która z zależności i kiedy jest prawdziwa:

$$\mathrm{TN} > \mathrm{TT}, \quad \text{czy} \quad \mathrm{TN} < \mathrm{TT},$$

gdzie znak nierówności wskazuje na preferowaną z punktu widzenia gracza *A* symetrię lub asymetrię informacyjną. Warto rozpatrzyć zatem kolejne przykłady.

Przykład 6

Macierze wypłat dla graczy *A* i *B* przedstawiają się jak w tablicy 9. Gracz *B* musi ruszyć się jako pierwszy[1]. W tej sytuacji kryteria Walda, Laplace’a, Hurwicza ($\alpha < \frac{2}{3}$), Savage’a i LNW wskazują graczowi *B* strategię b_2. Znając jego macierz wypłat i przewidując taką decyzję, gracz *A* wybierze najprawdopodobniej swoją strategię a_2, co da w wyniku obu graczom wypłatę w wysokości 2. Łatwo zauważyć, że gdyby gracz *B* wiedział, że gracz *A* wybierze swoją strategię a_1, to wybrałby swoją strategię b_1, zapewniając tym samym obu graczom wypłatę w wysokości 3.

Tabl. 9. Korzystne wyniki gracza** A* ***dzięki poinformowaniu gracza** B* ***o swojej decyzji

Strategie	b_1	b_2
a_1	[3,3]	[0,2]
a_2	[2,0]	[2,2]

W tej sytuacji opłaca się więc graczowi *A* poinformować gracza *B* o swojej decyzji (gracz *B* również tu na tym korzysta). Zachodzi zatem zależność:

$$\mathrm{TN} < \mathrm{TT}\,.$$

Kolejnym ciekawym przypadkiem jest sytuacja modelowana przez klasyczną już w teorii gier grę *Chicken*[2].

[1] *Konieczność ruchu jako pierwszy dla przedsiębiorcy telekomunikacyjnego może wynikać, np. z końca terminów umów podpisanych z daną grupą abonentów.*

[2] *Nazywana w języku polskim „grą w tchórza” [15].*

Przykład 7

Niech macierz wypłat dla graczy *A* i *B* przedstawia się jak w tablicy 10.

Tabl. 10. Macierz wypłat dla graczy *A* ***i*** *B* ***w grze „Chicken"***

Strategie	b_1	b_2
a_1	[3,3]	[2,4]
a_2	[4,2]	[1,1]

Gra zawiera dwie równowagi a_1-b_2 i a_2-b_1, przy czym każdy z graczy chciałby się znaleźć w innej z nich.

Analizując sytuację z punktu widzenia gracza *A*, można wysunąć następujące wnioski.

1. Dla gracza *A* jest lepiej, aby *B* był pewny, że *A* wybierze strategię a_2, niezależnie od tego, jak postąpi *B*. Ta sytuacja niejako przymusza gracza *B* do wybrania strategii b_1.
2. Dla gracza *A* jest lepiej, aby *B* znał jego decyzję, a nie macierz wypłat (TN > TT). Jeśli gracz *B* zna jedynie decyzję gracza *A*, to może przypuszczać, że strategia a_2 jest lepsza dla *A* również wtedy, gdy *B* wybierze b_2. Gdyby zaś *B* znał macierz wypłat *A*, wówczas miałby silną motywację i naturalne poparcie w postaci macierzy wypłat gracza *A*, aby przeforsować swoją strategię b_2, wymuszając tym samym na *A* strategię a_1.
3. Gracz *A* może chcieć zmienić swoją macierz wypłat i poinformować o tym *B*.

Ostatni z wniosków można zilustrować na przykładzie. Jeśli gracz *A* w jakiś sposób (np. przez manipulację kosztami świadczenia usług) zmieni swoją macierz wypłat tak, że będzie się ona przedstawiała jak w tablicy 11, wówczas poinformowanie gracza *B* o tym fakcie, upewni tego drugiego w przekonaniu, że *A* wybierze strategię a_2 niezależnie od tego, jak postąpi *B*.

Tabl. 11. Zmodyfikowana macierz wypłat gracza *A* ***w celu wymuszenia na graczu*** *B* ***strategii*** b_1 ***korzystnej dla gracza*** *A*

Strategie	b_1	b_2
a_1	[3,3]	[0,4]
a_2	[**4**,2]	[**1**,1]

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzona analiza wykazała niektóre niebezpieczeństwa i swoiste pułapki racjonalności, jakie czyhają na graczy rynkowych w sytuacji ograniczeń informacyjnych związanych z nieznajomością macierzy wypłat graczy konkurencyjnych. Podstawowym niebezpieczeństwem jest możliwość uzyskania nieefektywnego rozwiązania gry (patrz przykład 2), czego zarówno przedsiębiorstwa telekomunikacyjne, jak i regulator rynku mogą być nieświadomi. Sytuacja taka może być tym bardziej zaskakująca, że nieefektywne rozwiązanie gracze mogą uzyskać, kierując się najlepiej pojętym interesem własnym, wybierając własne dominujące strategie (patrz przykład 4). Ponadto, struktura problemu może sprzyjać rozwiązaniom nieefektywnym, jak to jest w przypadku gry *Dylemat więźnia* (patrz przykład 5). W takiej sytuacji uzyskanie efektywnego rozwiązania wymaga zmiany struktury gry, tak aby gracze, kierując się własnym interesem, doprowadzali w efekcie do tych rozwiązań. Może się to dokonać przez odpowiednie regulacje prawne, ograniczające zbiór możliwych strategii do tych, które uniemożliwią osiągnięcie nieefektywnych rozwiązań równowagowych. Wymaga to jednak całościowego spojrzenia na sytuację rynkową, z uwzględnieniem modelu popytu i modeli kosztów wszystkich graczy. Można zatem zadać pytanie: czy w tej sytuacji nie byłoby słuszne podejście, stosowane przykładowo na rynku energii elektrycznej, gdzie odstępuje się od klasycznych rynków transakcji bilateralnych na rzecz jednego rynku, globalnie bilansującego zgłaszane oferty podaży i popytu [14]?

Odpowiedź na pytanie, czy dla danego gracza jest lepiej, gdy konkurent zna jego macierz wypłat, czy nie, nie jest jednoznaczna. Bywają sytuacje, kiedy symetria informacyjna (TT) jest układem najkorzystniejszym (patrz przykład 6). W innych przypadkach bardziej korzystna może być asymetria (TN) (patrz przykład 7), z ewentualną korzyścią płynącą z faktu poinformowania konkurenta nie tyle o strukturze własnej macierzy wypłat, co o planowanej decyzji. Gdy obaj gracze znają swoje macierze wypłat, a gra będzie mieć kilka rozwiązań równowagowych, niejednakowo korzystnych dla każdego z nich, może dochodzić do eskalacji konfliktu (patrz przykład 7), co w praktyce może się objawiać przedłużającymi się negocjacjami dotyczącymi połączeń międzysieciowych lub wojną cenową na rynkach detalicznych. W takich sytuacjach gracze mogą dążyć do wzmocnienia wiarygodności przekazywanej sobie nawzajem informacji, dotyczącej potencjalnie wybranej strategii, lub jej utrzymania w dłuższej perspektywie, przez manipulację strukturą kosztów świadczenia poszczególnych usług.

Zdobycie informacji o macierzy wypłat graczy konkurencyjnych wiąże się zawsze z pewną ceną, którą trzeba za to zapłacić. Jednak o rzeczywistej wartości informacji można się przekonać dopiero po jej nabyciu[①]. Gracze mają zatem do wyboru albo pozostać w sytuacji istniejących ograniczeń informacyjnych, próbując odczytywać pewne istotne własności macierzy wypłat konkurentów na podstawie analizy ich wcześniejszych decyzji (patrz przykład 1), albo też ryzykować i ponosząc stosowną cenę, ograniczenia te pokonywać. Choć to drugie rozwiązanie nie musi doprowadzić do jednoznacznego wskazania strategii, jaką wybierze konkurent, to może jednakże znacząco ograniczyć liczbę strategii, jakie warto rozpatrywać (patrz przykład 3).

Należy zatem stwierdzić, że dla każdego z graczy jest korzystne, aby wiedzieć jak najwięcej zarówno o własnej macierzy wypłat, jak i o macierzy wypłat konkurenta. Która z sytuacji, tzn. TT czy też TN, dla danego gracza jest korzystniejsza, wynika już bezpośrednio ze struktury samej macierzy i jednoznaczna odpowiedź dla wszystkich przypadków jest niemożliwa.

Bibliografia

[1] Carter M., Wright J.: *Bargaining over interconnection: the clear-telecom dispute*. Centre for Research in Network Economics and Communications, University of Auckland, 2000

[2] Economides N., Lopomo G., Woroch G.: *Strategic commitments and the principle of reciprocity in interconnection pricing.* Stern School of Business, New York University, 1996

① *Zagadnienie określania wartości informacji o strategiach wybranych przez konkurencyjnych graczy na podstawie analizy własnej macierzy wypłat dla różnych kryteriów podejmowania decyzji omówiono w pracy [4].*

[3] Hermalin B. E., Katz M. L.: *Network interconnection with two-sided user benefits*. University of California, 2001

[4] Laskowski S.: *Koncepcja operatora najbardziej obiecującego*. Raport nr 02-13. Warszawa, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, 2002

[5] Laskowski S.: *Kryteria wyboru strategii w grach przeciwko naturze*. Raport nr 02-10. Warszawa, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, 2002

[6] Laskowski S.: *Modelowanie popytu na usługi telekomunikacyjne*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2003, nr 1-2, s. 38–48

[7] Mancero X., Saavedra E.: *Entry, cream skimming, and competition: theory and simulation for santiago de chileñs local telephony market*. Technical report, Instituto Latinoamericano de Doctrina y Estudios Sociales, 2001, http://www.ilades.cl/economia/ publicaciones/ser_inv/inv132.pdf

[8] Nowak E.: *Teoria kosztów w zarządzaniu przedsiębiorstwem*. Warszawa, PWN, 1996

[9] Ogryczak W.: *Wspomaganie decyzji w warunkach ryzyka*. Skrypt wykładu. Warszawa, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, 2002

[10] Piątek S.: *Prawo telekomunikacyjne Wspólnoty Europejskiej*. Warszawa, Wydawnictwo C.H. Beck, 2003

[11] Raineri B. R.: *Network competition: a general equilibrium analysis*. Technical report, Encuentro de la Sociedad de Economia de Chile, 2003, http://www.econmeetings.cl/pdf/ sesion111raineri.pdf

[12] Skreta V.: *Interconnection negotiations between telecommunication networks and universal service objectives*. Technical report, University of Minnesota, 2002, http://www.econ.umn. edu/ screta/data/net.pdf

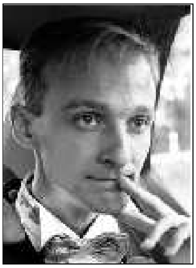
[13] Straffin P. D.: *Teoria gier*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe Scholar, 2001

[14] Toczyłowski E.: *Optymalizacja procesów rynkowych przy ograniczeniach*. Warszawa, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, 2002

[15] Wierzbicki A. P.: *Optymalizacja i wspomaganie decyzji*. Skrypt wykładu. Warszawa, Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej, 2000

[16] Worobiew N. N., Kofler E., Greniewski H.: *Strategia gier*. Warszawa, Książka i Wiedza, 1969

Sylwester Laskowski



Mgr inż. Sylwester Laskowski (1973) – absolwent Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej (1999); doktorant w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej PW; pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 2004); absolwent Wydziału Instrumentalnego Warszawskiej Akademii Muzycznej (2003); zainteresowania naukowe: techniki informacyjne, wspomaganie decyzji, analiza wielokryterialna, sztuka i techniki negocjacji, teoria gier, rynek telekomunikacyjny i współpraca międzyoperatorska.
e-mail: S.Laskowski@itl.waw.pl