

Ryzyko jako kategoria informacyjna

Wstęp

Informacja jest kategorią, która ze względu na swój złożony charakter wymyka się próbom jednoznacznego zdefiniowania. Kojarzona powszechnie z takimi dyscyplinami, jak informatyka czy telekomunikacja zyskała w ostatnich latach nowy wymiar, nadający jej charakter zasobu gospodarczego. „Informacja zaczyna odgrywać rolę podstawowego, a stopniowo nawet decydującego, czynnika produkcji – obok kapitału, pracy i surowców. Decydujący dla sukcesu ekonomicznego przedsiębiorstwa staje się więc dostęp do światowych zasobów informacji i umiejętność ich wykorzystania”¹. Informacja stała się szczególnie pożądanym dobrem, które może być nie tylko obiektem żmudnych poszukiwań, penetracji, zbierania, pomiaru czy też innych metod pozyskiwania, ale również, coraz częściej, przedmiotem transakcji handlowych. W dobie coraz powszechniejszego dostępu do nowoczesnych nośników informacji (Internet, informatyczne sieci lokalne, telefonia komórkowa, łącza satelitarne) stała się ona coraz łatwiej dostępna i pożądana. Posiadanie odpowiedniej informacji biznesowej w wielu przypadkach gwarantuje wymierną przewagę, która szczególnie w warunkach wzmożonej konkurencji może być źródłem nadzwyczajnych zysków. „Żadna z gospodarek – od rosyjskiej do polskiej czy węgierskiej i chińskiej – nie będzie w żadnym sensie światowo-konkurencyjna, jeśli nie przyjmie i nie wchłonie istotnych elementów rewolucji informacyjnej”². Oddziaływanie informacyjne na podmioty gospodarujące odbywać się może w dwóch wymiarach:

- dostarczanie wiedzy na temat możliwości rozwoju,
- dostarczanie wiedzy na temat potencjalnych zagrożeń.

Drugi z powyższych wymiarów oddziaływania jest przyczynkiem traktowania informacji jako terminu konstytuującego ryzyko. **Przyjmując bowiem, że ryzyko traktowane jest jako skonkretyzowana niepewność osiągnięcia**

¹ A.P. Wierzbicki, *Wpływ informacji jako zasobu na stosunki społeczne i gospodarcze w krajach rozwiniętych*, referat wygłoszony na konferencji naukowej zorganizowanej przez Centralny Urząd Planowania oraz Instytut Rozwoju i Studiów Strategicznych na temat „Integracja europejska wobec wyzwań ery informacyjnej”, grudzień 1996 r.

² T. Goban-Klas, *Informacja rządzi światem*, „Gazeta Bankowa”, 2.02.1997 r., s. 22.

ustalonego celu (np. finansowego), stwierdzić należy, że wynika ono właśnie z braku informacji. W warunkach pełnej wiedzy, zarówno natura obiektu ryzyka, czynniki ryzyka, jak i sposób ich oddziaływania byłyby jednoznacznie określone. Tym samym w pełni byłby określony również rezultat podejmowanych działań. Jedną z podstawowych metod ograniczania ryzyka jest więc zdobywanie dodatkowych informacji zwiększających dotychczasowy stan wiedzy. Im więcej informacji posiada decydent, tym większe jest prawdopodobieństwo realizacji pożądanego przez niego celu.

1. Prawdopodobieństwo a ryzyko

Zdarzenie, którego zajście nie podlega wątpliwości, jest zdarzeniem pewnym, czyli zachodzącym z prawdopodobieństwem równym jedności. W praktyce, z tego typu stanem spotkać można się jedynie w odniesieniu do zdarzeń przeszłych, czyli w analizie *ex post*. Dysponując pełnym zbiorem danych historycznych, można z reguły jednoznacznie opisać stan natury. Nawet w tak komfortowej sytuacji może pojawić się jednak zjawisko luki informacyjnej, asymetrii informacji czy szumu informacyjnego, które zniekształcą odczyt rzeczywistości.

W przypadku analizy *ex ante*, ocena stanu natury traci definitywnie atrybut jednoznaczności. O ile można stwierdzić, że w roku minionym zysk netto firmy wyniósł 1 mln zł, o tyle osiągnięcie założonego zysku w roku przyszłym może być rozpatrywane tylko w kategoriach wartości oczekiwanej. Decyduje o tym różne od jedności prawdopodobieństwo zajścia takiego zdarzenia. Im jest ono niższe, tym osiągnięcie założonego celu jest bardziej ryzykowne. **Stwierdzić więc można, że prawdopodobieństwo jest miarą ryzyka zajścia określonego wariantu zdarzenia i zawiera się w przedziale od 0 dla zdarzenia o nieskończonym poziomie ryzyka do 1 dla zdarzenia pewnego.** Zarządzanie ryzykiem jest więc procesem, który skutkuje zmianami podstawowej miary ryzyka, jaką jest prawdopodobieństwo osiągnięcia celu. Wzrost prawdopodobieństwa, równoważny zmniejszeniu ryzyka, może dokonać się wyłącznie przez pozyskanie informacji, a tym samym przez zwiększenie stanu wiedzy na temat natury zjawiska.

Najprostszym modelem formalnym, mogącym posłużyć do ilustracji wpływu informacji na poziom podejmowanego ryzyka, jest reguła prawdopodobieństw warunkowych Bayesa, opierająca się na formule:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} = \frac{P(A) \cdot P(B|A)}{P(B)} \quad (1)$$

Przykład 1

Niech A oznacza zdarzenie polegające na wypadnięciu liczby 6 w rzucie kostką ($P(A) = 1/6$). Zakłada się, że do decydenta dotarła wiadomość, iż wypadła liczba parzysta. Chcąc wyznaczyć jej wpływ na prawdopodobieństwo wypadnięcia szóstki, należy na podstawie (1) wyznaczyć $P(A|B)$, gdzie B jest zdarzeniem wypadnięcia liczby parzystej.

Ponieważ $P(A \cap B)$, czyli prawdopodobieństwo jednoczesnego wypadnięcia szóstki i liczby parzystej wynosi $1/6$, a $P(B)$, czyli prawdopodobieństwo wyrzucenia liczby parzystej wynosi $3/6=1/2$, ostatecznie $P(A | B) = 1/6 : 1/2 = 1/3$.

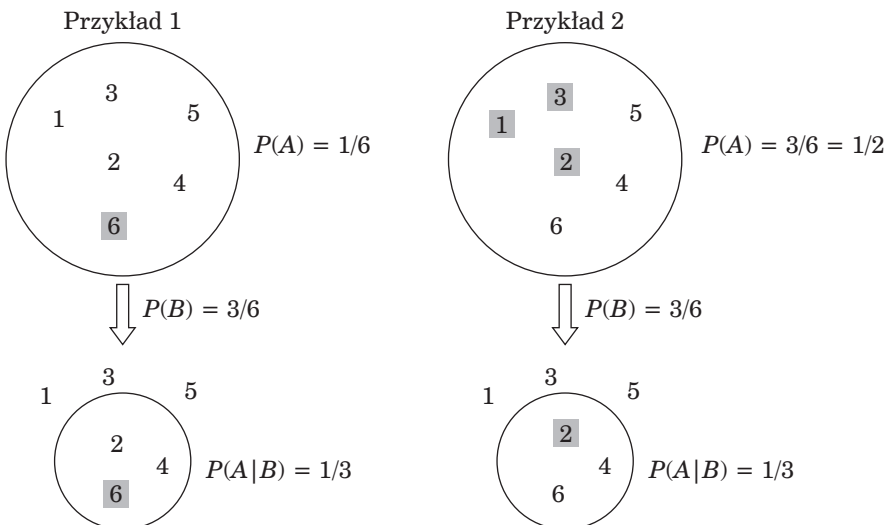
Nowe prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia A jest większe niż pierwotnie szacowano. Oznacza to, że otrzymany komunikat dostarczył informacji przyczyniającej się do zmniejszenia podejmowanego ryzyka. W praktyce jednak, często występuje sytuacja, w której analityk pokłada nadmierną wiarę w zbawczą moc wszelkich napływających wiadomości. Skutkuje to ekstensywnym penetrowaniem wszelkich źródeł danych, które niekoniecznie prowadzą do ograniczenia podejmowanego ryzyka. Wykazać można, że dodatkowe dane mogą nie tylko nie zmniejszyć ryzyka, ale nawet spowodować jego wzrost.

Przykład 2

Niech A oznacza wypadnięcie liczby oczek mniejszej niż 4 w rzucie kostką. Wówczas $P(A) = 3/6 = 1/2$. Decydent otrzymał wiadomość B, że wypadła liczba parzysta ($P(B) = 3/6 = 1/2$). Zajście zdarzenia $A \cap B$ oznacza wypadnięcie liczby 2 (jedynej parzystej mniejszej niż 4) a jej prawdopodobieństwo wynosi $1/6$. Ostatecznie $P(A | B)$ wynosi $1/6 : 1/2 = 1/3$ i jest mniejsze niż pierwotne $P(A)$.

Pozyskiwanie wiadomości dostarcza informacji pozwalającej obniżyć poziom ryzyka tylko w sytuacji, w której zajście zdarzenia B spowoduje zawężenie przestrzeni zdarzeń dla A. Sytuacja taka wystąpiła w przykładzie pierwszym. Z kolei w przykładzie drugim, zajście zdarzenia B dokonało takiej redefinicji zdarzenia, w której przestrzeń zdarzeń relatywnie się zwiększyła (rys. 1).

Rysunek 1
Zastosowanie reguły Bayesa w ograniczeniu ryzyka



Oznacza to, iż przed podjęciem wysiłku pozyskania dodatkowych danych, decydent powinien odpowiedzieć na dwa pytania:

Czy zdarzenie opisywane pozyskiwaną wiadomością wpływa na poziom podejmowanego ryzyka?³

Czy zajście tego zdarzenia zawęży przestrzeń ryzyka?

W przeciwnym razie, pozyskiwana wiadomość staje się bezużyteczna. Nie dostarcza informacji pozwalającej obniżyć poziom ryzyka, a jednocześnie generuje koszty związane z jej pozyskaniem i przetwarzaniem.

2. Zmienna losowa formą opisu ryzyka i niepewności

Dotychczasowe rozważania koncentrowały się na przypadkach zajścia określonego wariantu zdarzenia z danym prawdopodobieństwem. W praktyce jednak taki model należy uznać za nadmiernie uproszczone odwzorowanie rzeczywistości. Najczęściej bowiem przyszłe zdarzenia mogą mieć wiele (nawet nieskończenie) realizacji. Poszczególne z nich mogą być mniej lub bardziej prawdopodobne. Do formalnego opisu stanów natury używa się zmiennych. Jeżeli opisują one rzeczywistość *ex post* (pewną), wówczas mają charakter deterministyczny. W przypadku zdarzeń przyszłych, obarczonych ryzykiem, zmienna ma charakter losowy (dyskretny lub ciągły). Każdej z realizacji jest przypisana wartość prawdopodobieństwa (lub gęstość prawdopodobieństwa) z jakim może zaistnieć. Model zmiennej losowej używany jest powszechnie do opisu zjawisk podlegających ryzyku. O ile w odniesieniu do zmiennej deterministycznej można stwierdzić: „zysk wynosi 1 mln”, o tyle w przypadku zmiennej losowej poprawne jest stwierdzenie: „wartość oczekiwana zysku wynosi 1 mln”. Opierając się na koncepcji zmiennej losowej, można dokonać systematyzacji poziomów ryzyka w zależności od dostępności lub metodologii szacunku rozkładu prawdopodobieństw, z jakim mogą wystąpić poszczególne realizacje zdarzenia losowego (tab. 1).

Pierwszy wiersz tabeli przedstawia sytuację całkowitej pewności, w której jednemu z wariantów realizacji zdarzenia przypisuje się prawdopodobieństwo równe jedności. Wiersz ostatni z kolei ilustruje stan niepewności, w którym nie można określić ani oszacować prawdopodobieństw poszczególnych realizacji, a często nawet samych realizacji. W uproszczeniu można uznać, że pozyskiwanie informacji pozwala decydentowi na przemieszczanie się z dołu, ku górnym wierszom tabeli.

Dysponując sformalizowanym opisem zdarzenia, jakiego dostarcza zmienna losowa, można dokonać szczegółowych analiz związanego z nim ryzyka. Posługując się licznymi miarami statystycznymi, można przykładowo określić, które z rozważanych przedsięwzięć jest bardziej, a które mniej ryzy-

³ Czy zdarzenia A i B są zależne, tzn. czy nie zachodzi $P(A|B) = P(A)$ lub $P(B|A) = P(B)$?

Tabela 1
Kontynuuum między pewnością a niepewnością zdarzeń

Poziom niepewności	Charakterystyka
Żaden (pewność)	Wielkości wyjściowe mogą być określone w sposób jednoznaczny (prawa fizyki, matematyki itd.)
Ryzyko obiektywne	Znane są warianty wielkości wyjściowych i prawdopodobieństwa ich wystąpienia (gry losowe)
Ryzyko właściwe	Znane są warianty wielkości wyjściowych, prawdopodobieństwa nie są znane, ale mogą zostać oszacowane w drodze eksperymentu lub na podstawie danych historycznych (ryzyko inwestycji finansowych, ryzyko kradzieży, utraty życia)
Ryzyko subiektywne	Znane są warianty wielkości wyjściowych, prawdopodobieństwa nie są znane i muszą zostać określone subiektywnie przez decydenta
Niepewność	Warianty wielkości wyjściowych i/lub prawdopodobieństwa nie są znane

Źródło: opracowanie własne na podstawie: C. A. Williams Jr., M.L. Smith, P.C. Young, *Risk Management and Insurance*, McGraw-Hill College 1995, s. 11.

kowe. Kierując się własnymi preferencjami (uwzględniającymi postawę wobec ryzyka), inwestor może dokonać racjonalnego wyboru z dostępnych możliwości. Ryzyko w działalności gospodarczej podlega procesowi zarządzania. Identyfikacja i pomiar ryzyka są jego pierwszymi etapami. W dalszej kolejności podejmowane są działania związane z ryzykiem: unikanie ryzyka (np. jeżeli jest możliwość wyboru między różnymi inwestycjami) czy też przekazanie ryzyka (np. przez ubezpieczenie). Niekiedy zarządzanie ryzykiem polega na zabezpieczeniu przed jego skutkami (np. przez zwiększenie funduszy własnych czy też „obudowanie” przez inżyniera finansowego obiektu ryzyka konstrukcją finansową i utworzenie nowego obiektu o zmienionej charakterystyce). Często jednak, niezależnie od wspomnianych działań, podmiot gospodarujący będzie podejmował działania mające na celu redukcję ryzyka. Chcąc ograniczyć ryzyko danego przedsięwzięcia, musi zdobyć dodatkową wiedzę na temat jego natury. Największe ryzyko wiązałoby się ze zdarzeniem, na temat którego poziom wiedzy decydenta jest zerowy. Pełna wiedza na temat analizowanego zdarzenia eliminowałaby ryzyko w stopniu doskonałym prowadząc do zdarzenia pewnego. Jeżeli poznany pewny (lub niemal pewny) efekt zdarzenia nie odpowiadałby pożądanemu przez decydenta celowi, wówczas mógłby on podjąć dowolne działanie, np. rezygnację z bezpiecznej (po uzyskaniu informacji), ale nie wystarczająco zyskowej inwestycji. Celem formalizacji powyższych stwierdzeń niezbędne jest określenie miary ilości

informacji pomocnej w określeniu stopnia redukcji ryzyka oraz zdefiniowanie jednostki tej miary.

3. Informacja – pojęcia wprowadzające

Interdyscyplinarna i złożona natura informacji sprawia, że już na etapie terminologii jest źródłem licznych niejednoznaczności. Szczególnie nieprecyzyjne stają się określenia typu: komunikat, wiadomość, informacja czy dane. Komunikat jest pojęciem związanym z formą przekazu (komunikat radiowy, telewizyjny, werbalny, pozawerbalny itd.). Wiąże się ze stosowaniem określonego języka czy też systemu kodowania. Komunikat jest nośnikiem wiadomości, która zawiera treść przekazywaną od nadawcy do odbiorcy. Przybierać może ona w konkretnych sytuacjach różne warianty z różnymi prawdopodobieństwami. Liczba tych wariantów oraz powiązane z nimi prawdopodobieństwa, decydują ostatecznie o tym, czy dana wiadomość zawiera mniej czy więcej informacji⁴. Uogólniając, komunikatem określa się odpowiednio zakodowaną wiadomość mogącą być nośnikiem informacji. Niekiedy zamiast terminu „wiadomości” używa się określenia „dane”. Jest to szczególna postać wiadomości, którą można zapisać i przetworzyć z pomocą sprzętu informatycznego, mająca często postać surowych, niepoddanych obróbce analitycznej liczb i faktów.

Założenie różnej ilości informacji, jaką zawierać mogą komunikaty, nakazuje zadać pytanie o formalną jej definicję. Brak uniwersalnej wykładni pojęcia „informacja” wynika głównie z ukierunkowania w obrębie różnych dyscyplin. Na przykład w informatyce przyjmuje się, że informacją nazywa się wielkość abstrakcyjną, która może być przechowywana w pewnych obiektach (np. komputerach), przesyłana między nimi, przetwarzana w nich i stosowana do zarządzania nimi⁵. W rozumieniu cybernetyki, informacja jest to każdy czynnik, dzięki któremu obiekt otaczający go (człowiek, organizm żywy, organizacja, urządzenie automatyczne) może polepszyć swoją znajomość otoczenia i bardziej sprawnie przeprowadzać celowe działania. Formalizacja tego podejścia jest możliwa na podstawie definicji, pochodzącej z teorii informacji, podchodzącej do informacji jako do miary niepewności zajścia pewnego zdarzenia spośród zbioru zdarzeń możliwych. Podejście to, bazując na statystycznej formule zmiennej losowej, jest szczególnie użyteczne z punktu widzenia związku teorii informacji z teorią ryzyka. Pozwala znaleźć formułę określającą ilość informacji i dokonać jej interpretacji z punktu widzenia teorii ryzyka.

⁴ Bardziej szczegółowa dyskusja tego zagadnienia została przeprowadzona w dalszej części opracowania przy okazji analizy cech entropii.

⁵ W.M. Turski, *Propedeutyka informatyki*, PWN, Warszawa 1985, s. 5.

4. Miara ilości informacji

Można przyjąć, że do zapisu informacji stosuje się kodowanie binarne⁶, którego klasyczną reprezentacją jest ciąg zerojedynkowy. Słowem binarnym można określić ciąg zer i jedynek o długości N . Ilość informacji, jaka może zostać zapisana w słowie kodowym, jest proporcjonalna do N , co oznacza, że informacja jest wielkością ekstensywną. **Można założyć zatem, że długość słowa binarnego jest miarą ilości informacji H .** Ilość różnych słów binarnych o długości N znaków opisuje zależność:

$$\text{liczba słów} = 2^N \equiv N = \log_2(\text{liczba słów}) \quad (2)$$

Jeżeli uznać, że prawdopodobieństwo wystąpienia każdego słowa kodowego jest takie samo, wówczas wynosi ono:

$$p = 1 / \text{liczba słów} \equiv \text{liczba słów} = 1 / p \quad (3)$$

Na podstawie (2) i (3) uzyskuje się zależność:

$$N = \log_2(\text{liczba słów}) = \log_2(1/p) = -\log_2(p) \quad (4)$$

Uwzględniając wcześniejszy postulat traktowania długości słowa kodowego jako ilości informacji, można stwierdzić, że miara ilości informacji zawartej w wiadomości wyraża się wzorem:

$$H = \log_2\left(\frac{1}{p}\right) = -\log_2 p \quad (5)$$

Zależność (5) określa ilość informacji, jaką niesie komunikat, którego wszystkie możliwe warianty są jednakowo prawdopodobne. W szczególnym wypadku, gdy wiadomość może z jednakowym prawdopodobieństwem (0,5) przybrać postać jednego z dwóch wariantów, wówczas ilość informacji niesiona komunikatem wynosi 1 bit (*binary digit*). Bit odpowiada więc ilości informacji zawartej w odpowiedzi na pytanie, na które z jednakowym prawdopodobieństwem można odpowiedzieć przykładowo tak lub nie.

Przykład 3

Zakładając 8 równo prawdopodobnych możliwych treści komunikatu, prawdopodobieństwo każdego z nich wynosi 0,125. Wówczas, zgodnie ze wzorem (5), ilość informacji zawarta w komunikacie wynosiłaby:

$$k = \log_2\left(\frac{1}{p}\right) = \log_2\left(\frac{1}{0,125}\right) = \log_2(8) = 3 \text{ bity}$$

W praktyce niezmiernie rzadko występują sytuacje, w których wszystkie możliwe warianty komunikatu dotyczącego danej cechy zmiennej losowej są

⁶ Uzasadnienie tego założenia oraz rozwinięcie kwestii kodowania znajduje się w dalszej części opracowania.

równie prawdopodobne. Intuicyjnie można stwierdzić, że wystąpienie najmniej prawdopodobnego (najmniej oczekiwanego) wariantu wiadomości niesie ze sobą największą porcję informacji, natomiast wystąpienie wariantu najbardziej prawdopodobnego jest najbardziej spodziewane, czyli niesie najmniejszą porcję informacji. Uogólnienie wzoru (5) jest wynikiem badań C.E. Shannona, który w pracy *A Mathematical Theory of Communication* opublikowanej w 1948 r.⁷ sformułował podstawy teorii informacji oraz wprowadził związane z nią pojęcia. Według Shannona, jeżeli wiadomość opisana jest zmienną losową X , wówczas jej zawartość informacyjna określona jest przez entropię wiadomości (6).

$$H(X) = \sum_x p(X) \log_2 \left(\frac{1}{p(X)} \right) = - \sum_x p(X) \log_2 p(X) \quad (6)$$

Entropia jest w efekcie formalną miarą ilości informacji zawartej w wiadomości opisanej zmienną losową.

Przykład 4

Dwóch inwestorów dokonuje zakupu akcji spółki giełdowej. Pierwszy kupuje akcje przypadkowej spółki, w przypadkowym czasie, bez żadnych wcześniejszych analiz. Drugi dokonuje wyboru tej samej spółki na podstawie wielu analiz. Wiadomość o zmianie kursu akcji spółki może przybierać dwie wartości: wzrost lub spadek. Dla pierwszego inwestora prawdopodobieństwa obydwu zdarzeń są równe 0,5 (brak przesłanek na wskazanie któregoś wariantu jako bardziej prawdopodobnego). Założyć można, że dla drugiego inwestora prawdopodobieństwo wzrostu wynosi 0,9, a spadku 0,1. Na podstawie (6) otrzymuje się:

$$H(X1) = \frac{1}{2} * \log_2 2 + \frac{1}{2} * \log_2 2 = 1 \text{ bit}$$

$$H(X2) = \frac{9}{10} * \log_2 \frac{10}{9} + \frac{1}{10} * \log_2 \frac{10}{1} = 0,47 \text{ bita}$$

Pierwszy inwestor podejmował decyzję inwestycyjną, nie dysponując żadną wiedzą. Ponościł więc maksymalne ryzyko. Zasłyszana wiadomość niesła dla niego maksymalną możliwą ilość informacji. Gdyby bowiem podejmując swą decyzję inwestycyjną, chciał całkowicie wyeliminować ryzyko, potrzebowałby do tego informacji w ilości właśnie 1 bita. Inwestor drugi, dokonując na wstępie gruntownych analiz, ponosił niższe ryzyko inwestycji (posiadł znaczny poziom wiedzy na temat stanu natury). Ilość informacji, jaką uzyskał za pośrednictwem wiadomości jest znacznie mniejsza niż dla pierwszego inwestora.

5. Cechy entropii

Entropia jako miara ilości informacji niesionej w wiadomości jest jednocześnie czytelnym pomostem między terminologią ryzyka a informacji. Można udo-

⁷ C.E. Shannon, *A Mathematical Theory of Communication*, „The Bell System Technical Journal” 1948, nr 27.

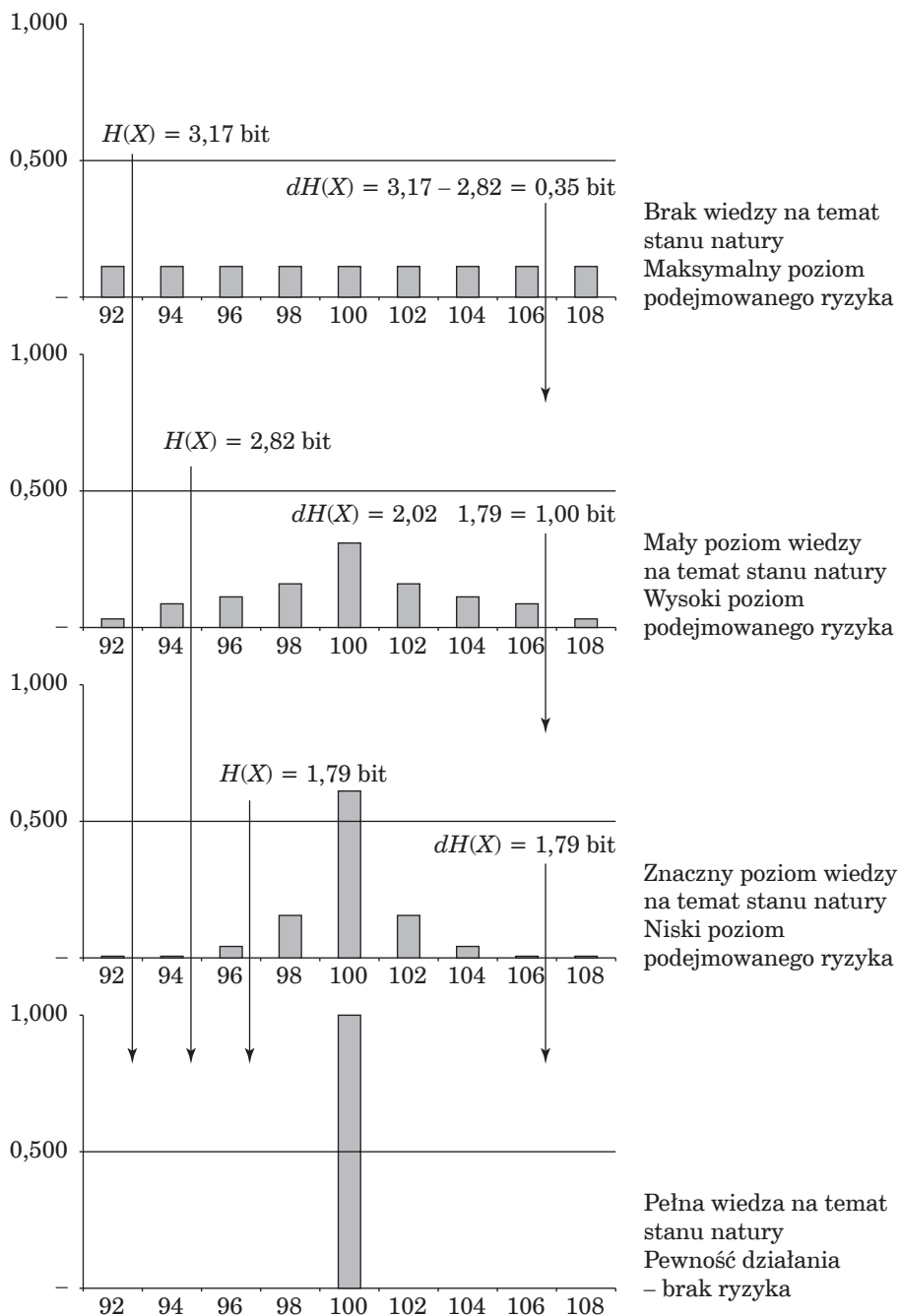
wodnić, że dla zmiennych dyskretnych przyjmujących n wartości, entropia jest maksymalna w przypadku gdy wszystkie warianty wiadomości są jednakowo prawdopodobne ($X_1 = p(X_2) = \dots = p(X_n) = 1/n$). Zgodnie ze wzorem (5), wynosi ona $\log_2(\text{liczba słów}) = \log_2(1/p)$. Sytuacja taka występuje wówczas, gdy decydent dysponuje minimalną wiedzą na temat przedmiotu ryzyka. Oznacza to, że każdy z wariantów (zakładając, że te są określone) jest dla niego jednakowo prawdopodobny (tab. 2 – rozkład 1). Eliminacja ryzyka wiąże się w tym przypadku z koniecznością pozyskania maksymalnej (dla danej liczby wariantów) ilości informacji (rys. 2 – przejście z rozkładu 1 do rozkładu 4). $H(X)$ maleje wraz ze wzrostem nierównomierności prawdopodobieństwa występowania poszczególnych wariantów wiadomości (tab. 2 – rozkład 2 i 3), osiągając minimum równe 0 w sytuacji, w której jeden z wariantów wiadomości zostanie zrealizowany z prawdopodobieństwem równym jedności. Przypadek taki odpowiada pewności zajścia zdarzenia, tzn. dysponowaniu pełnią wiedzy na temat stanu natury (tab. 2 – rozkład 4).

Ta sama wiadomość może być nośnikiem informacji dla jednego odbiorcy, podczas gdy dla innego już nie. Podobnie, gdy cenna wiadomość jest odebrana po raz kolejny przez tego samego odbiorcę, może już nie zawierać informacji. Na przykład stwierdzenie, iż czas jest determinantą ryzyka jest bezwartościowe dla ekonomisty, podczas gdy dostarcza informacji dla laika. Jednak i ten, gdy usłyszy wiadomość ponownie, nie pozyska za jej pośrednictwem żadnej dodatkowej informacji pozwalającej mu lepiej identyfikować stan natury, a tym samym minimalizować ryzyko działania.

Tabela 2
Entropia na tle innych miar ryzyka

		rozkład 1	rozkład 2	rozkład 3	rozkład 4
i	x_i	p_i	p_i	p_i	p_i
1	92	0,111	0,020	0,005	–
2	94	0,111	0,080	0,005	–
3	96	0,111	0,100	0,040	–
4	98	0,111	0,150	0,150	–
5	100	0,111	0,300	0,600	1,000
6	102	0,111	0,150	0,150	–
7	104	0,111	0,100	0,040	–
8	106	0,111	0,080	0,005	–
9	108	0,111	0,020	0,005	–
$E(X)$		100,00	100,00	100,00	100,00
$S(X)$		2,96	1,41	0,39	0,00
$V(X)$		0,03	0,01	0,00	0,00
$H(X)$		3,17	2,82	1,79	0,00

Rysunek 2
Addytywność informacji w procesie stopniowej redukcji ryzyka



Źródło: Opracowanie własne na podstawie tabeli 2.

Przykłady zmiennych losowych zestawione w tabeli 2 pozwalają traktować entropię jako miarę ryzyka o cechach zbliżonych do odchylenia standardowego czy zmienności. W praktyce, mimo wielu analogii, jej interpretacja jest zasadniczo różna. Przykładem odmienności jest addytywność entropii pozwalająca zilustrować proces stopniowego pozyskiwania informacji, a tym samym stopniowego ograniczania ryzyka. W procesie informacyjnego zarządzania ryzykiem rzadko zdarzają się sytuacje, w których ryzyko zostaje całkowicie wyeliminowane. Najczęściej następuje jedynie obniżenie jego poziomu. Na tej podstawie entropię zmiennej losowej, można przedstawić jako sumę ilości informacji niezbędnych do przechodzenia między pośrednimi poziomami ryzyka (rys. 2).

Ostatecznie, dostosowując formalną definicję entropii do potrzeb teorii ryzyka, można stwierdzić, że jest ona miarą ilości informacji którą, decydent musi pozyskać, aby całkowicie wyeliminować ryzyko związane z osiągnięciem celu opisanego przez pewną zmienną losową. Mając na względzie aspekt kosztowy pozyskiwania informacji, decydent musi w praktyce określić, na jaki stopień redukcji ryzyka może sobie pozwolić. W wysoce z informatyzowanym środowisku informacji koszt jej pozyskania często jest wyrażany właśnie w bitach (określających przykładowo wielkość pakietu informacji, szerokość dostępnego łącza, szybkość łącza itd.). Ułatwia to decydentowi jednorodne podejście do oceny ilości pozyskiwanej informacji i związanego z tym kosztu.

6. Kodowanie i redundancja

Ograniczony zakres analogii między entropią a innymi miarami ryzyka został dodatkowo zilustrowany w tabeli 3.

Jak można zauważyć, entropia pozostaje całkowicie „ślepa” na wartości poszczególnych realizacji zmiennych losowych. **Inaczej niż tradycyjne, statystyczne miary ryzyka, uwzględnia jedynie liczbę wariantów oraz prawdopodobieństwa, z jakimi one występują.** W praktyce oznacza to, że przekaz informacji od nadawcy do odbiorcy będzie jednakowo skuteczny w sytuacji, gdy przez kanał informacyjny będą przesyłane pełne treści komunikatu (np. „wzrost ceny”, „cena bez zmian”, „spadek ceny”), jak i wówczas, gdy przekazywane będą tylko krótkie symbole (np. 0,1,2) a obie strony posługiwać się będą zdefiniowanym systemem kodowania (np.: 0 – „wzrost ceny”, 1 – „cena bez zmian”, 2 – „spadek ceny”). Kod danego komunikatu nazywa się ciągiem albo słowem kodowym komunikatu, a liczba występujących w nim znaków – długością słowa kodowego. W zależności od przyjętej konwencji, można stosować kody o stałej lub zmiennej długości. **Jeżeli do kodowania użyte zostaną dwa różne symbole (kodowanie binarne), to minimalna, średnia długość słowa kodowego komunikatu określona jest entropią danego komunikatu ($L(X)=H(X)$).** „Z ekonomicznego punktu

Tabela 3
Niezależność entropii od wartości zmiennej losowej

i	rozkład 1		rozkład 2		rozkład 3	
	x_i	p_i	x_i	p_i	x_i	p_i
1	92	0,02	80	0,02	30	0,02
2	94	0,03	85	0,03	35	0,03
3	96	0,05	90	0,05	40	0,05
4	98	0,20	95	0,20	45	0,20
5	100	0,40	100	0,40	50	0,40
6	102	0,20	105	0,20	55	0,20
7	104	0,05	110	0,05	60	0,05
8	106	0,03	115	0,03	65	0,03
9	108	0,02	120	0,02	70	0,02
$E(X)$	100,00		100,00		50,00	
$S(X)$	0,25		6,19		6,19	
$V(X)$	0,00		0,06		0,12	
$H(X)$	2,42		2,42		2,42	

Źródło: Opracowanie własne.

widzenia najbardziej interesującą interpretacją tej wielkości [entropii – przyp.aut.] jest stwierdzenie, że kanał komunikacyjny o pojemności H mógłby przenieść wiadomość opisującą stan świata z dowolnie małym błędem⁸. Entropia informacji może być więc traktowana, jako średnia ważona długości słów kodowych, niezbędnych do zakodowania poszczególnych wariantów informacji gdzie wagami są prawdopodobieństwa wystąpienia tych wariantów.

Przykład 5

Rozważany jest komunikat informujący o zmianach cen ropy na rynkach światowych. Rozważane są trzy warianty komunikatu wraz z prawdopodobieństwami:

A : cena bez zmian – 1/2, B: spadek ceny – 1/4, C: wzrost ceny – 1/4.

Jeżeli zastosowano kodowanie binarne, to minimalna średnia długość słowa kodowego wynosi:

$$L(X) = H(X) = \frac{1}{2} \log_2(2) + \frac{1}{4} \log_2(4) + \frac{1}{4} \log_2(4) = 1,5 \text{ bita}$$

W celu weryfikacji obliczeń dokonano kodowania binarnego:

A: cena bez zmian – 1/2 (0), B: spadek ceny – 1/4 (10), C: wzrost ceny – 1/4 (11)

⁸ K.J. Arrow, *Eseje z teorii ryzyka*, PWN, Warszawa 1979, s. 268.

Rozpatrując losową sekwencję 40 kolejnych komunikatów (zgodnie z założonymi prawdopodobieństwami):

BCAABAAAABBCCAACCAABCCAAABBAABACACAAABCB,

dokonano kodowania:

101100100000101011110011110010111100010100010011011000101110⁹

Średnia długość wiadomości (średnia długość przypadająca na zakodowanie jednego wariantu wiadomości) wynosi: $60/40 = 1,5$ bita i jest dokładnie równa entropii wiadomości.

Kluczowe znaczenie dla osiągnięcia optymalnej długości słowa kodowego ma zastosowany algorytm kodowania. Najbardziej klasycznym jest algorytm Hoffmana, który pozwala na uzyskanie bliskiego entropii stopnia bezstratnej kompresji. W praktyce przekazu informacji jest stosowana często kompresja stratna, która na poziomie pragmatycznym, technicznym, semantycznym itd. filtruje rzeczywistą informację, nie pozwalając decydentowi na całkowite wyeliminowanie ryzyka, ale znacznie obniżając koszt jej pozyskania (np. przez skrócenie długości słowa kodowego – problem poruszono w punkcie 5 opracowania).

Pojęciem związanym z kodowaniem jest **redundancja**. Termin ten charakteryzuje sytuację, w której rzeczywista średnia długość słowa kodowego jest większa od wartości minimalnej wyznaczonej przez redundancję. Sytuacja taka może wystąpić w przypadku braku możliwości zastosowania kodowania optymalnego. Często jednak stosowana jest celowo, aby zagwarantować bezpieczeństwo przekazu. Przykładem redundantnego przekazu informacyjnego jest komunikat informujący o numerze rachunku bankowego według standardu IBAN. Aż 3 spośród 28 symboli występujących w słowie kodowym (kodowanie decymalne) to liczby kontrolne. Z punktu widzenia funkcji identyfikacyjnej mają one charakter nadmiarowy, jednak ich stosowanie obniża ryzyko popełnienia błędu.

7. Szum informacyjny i jego wpływ na poziom ryzyka

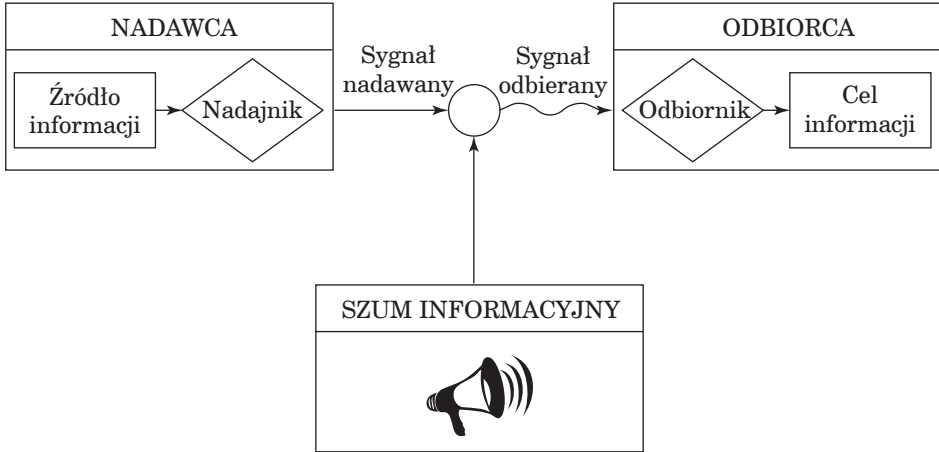
Dotychczasowe rozważania koncentrowały się wokół ryzyka, którego źródłem jest niepewność osiągania wartości oczekiwanych (osiągnięcia celu) przez poszczególne zmienne ekonomiczne. Ich suma składa się na **ryzyko rzeczywiste** analizowanego systemu ekonomicznego. Dyskutowane wcześniej miary informacji (prawdopodobieństwo, entropia) służyły więc pomiarowi ilości informacji niezbędnej do całkowitego wyeliminowania tej niepewności.

Złożoność analizowanych systemów ekonomicznych nie pozwala często decydentowi na bezpośredni odczyt czynników ryzyka w miejscu, w którym

⁹ Należy zauważyć, że w zastosowanym kluczu kodowania nie istnieje dylemat rozstrzygnięcia, jaki wariant wiadomości jest aktualnie przesyłany.

występują. Naturalną sytuacją jest występowanie kanałów informacyjnych, które pośredniczą między źródłem danych a jej odbiorcą (rys. 3).

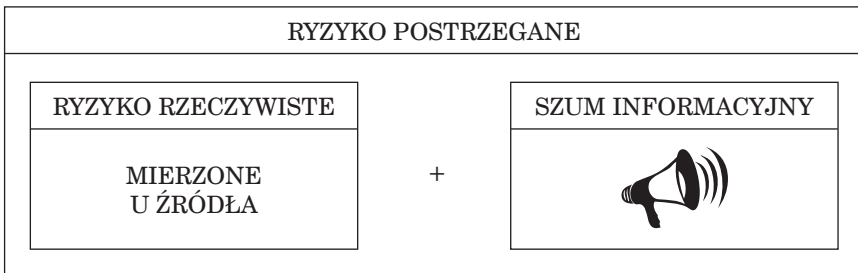
Rysunek 3
Schemat ogólnego systemu komunikacji



Źródło: Opracowanie własne na podstawie C.E. Shannon, *A Mathematical Theory of Communication*, „The Bell System Technical Journal” nr 27, s. 379.

Jego obecność staje się podstawą sformułowania istotnego problemu teorii informacji, dotyczącego kwestii doskonałego przesłania informacji przez niedoskonały kanał informacyjny¹⁰. Kanał informacyjny staje się bowiem źródłem szumu informacyjnego, który dodatkowo powiększa lukę informacyjną związaną z ryzykiem rzeczywistym. W efekcie obserwator narażony jest na ryzyko łączne będące sumą ryzyka właściwego i szumu informacyjnego (rys. 4).

Rysunek 4
Ryzyko postrzegane a ryzyko rzeczywiste



Źródło: Opracowanie własne.

¹⁰ D. MacKay, *Information Theory, Inference, and Learning Algorithms*, Cambridge University Press 2003, s. 3.

Przykładami „zaszumianych” kanałów informacyjnych mogą być np.: dla właściciela firmy – uproszczone sprawozdania finansowe, dla inwestora giełdowego – niepełna lub przekłamana informacja o czynnikach kształtujących kurs spółki, dla posiadacza jednostek uczestnictwa – uproszczona informacja o strategii inwestycyjnej funduszu itd. Szum informacyjny może powodować zarówno zawyżenie ryzyka postrzeganego w stosunku do rzeczywistego, jak i jego zmniejszenie. **W obydwu przypadkach istotne jest, że o ile cena za oczekiwany dochód wynika z poziomu ryzyka postrzeganego, o tyle oczekiwany dochód z inwestycji wiąże się z istniejącym ryzykiem rzeczywistym¹¹. Systemowe lub incydentalne zakłócenia w procesie pozyskiwania informacji na temat zachodzących procesów mogą prowadzić do istotnego przekłamania oceny ryzyka i jego skutków ekonomicznych.**

Zakończenie

Informacja jest budulcem wiedzy. Każda decyzja człowieka, wobec niedoskonałości poznania, podejmowana jest w obliczu niedoboru informacji, a więc w warunkach ryzyka. O ile pojęcie „informacja” ma charakter interdyscyplinarny, o tyle język ekonomii posługuje się znacznie częściej pojęciem „ryzyko”. Wypracowane przez ekonomistów, często bardzo specjalistyczne, metody zarządzania ryzykiem, tracą niekiedy kontekst informacyjny. W rzeczywistości jednak kategorie te są ściśle ze sobą powiązane. Teoria informacji rozwijała się wprawdzie szczególnie dynamicznie w obszarach telekomunikacji czy informatyki, jednak dzięki swej uniwersalności okazuje się być użyteczną również dla ekonomistów. Przydatnymi są miary, terminologia i logika informacji. Nade wszystko jednak szczególnie cenna pozostaje sama świadomość informacyjnego charakteru ryzyka.

Bibliografia

1. Arrow K.J., *Eseje z teorii ryzyka*, PWN, Warszawa 1979.
2. MacKay D., *Information theory, Inference, and Learning Algorithms*, Cambridge University Press, 2003.
3. Muszyński M., *Model przenoszenia ryzyka inwestowania z przedsiębiorstwa na jego właścicieli w aspekcie wykorzystania instrumentów finansowych*, referat wygłoszony na konferencji „Finance and Real Economy – Selected Research and Policy Issues”, AE Katowice, Ustroń, 28–30 maja 2008.
4. Shannon C.E., *A Mathematical Theory of Communication*, „The Bell System Technical Journal” 1948, nr 27.

¹¹ M. Muszyński, *Model przenoszenia ryzyka inwestowania z przedsiębiorstwa na jego właścicieli w aspekcie wykorzystania instrumentów finansowych*, referat wygłoszony na konferencji „Finance and Real Economy – Selected Research and Policy Issues”, AE Katowice, Ustroń, 28–30 maja 2008.

5. Goban-Klas T., *Informacja rządzi światem*, „Gazeta Bankowa”, 2.02.1997 r.
6. Turski W.M., *Propedeutyka informatyki*, PWN, Warszawa 1985.
7. Wierzbicki A.P., *Wpływ informacji jako zasobu na stosunki społeczne i gospodarcze w krajach rozwiniętych*, referat wygłoszony na konferencji naukowej zorganizowanej przez: Centralny Urząd Planowania oraz Instytut Rozwoju i Studiów Strategicznych na temat: „Integracja europejska wobec wyzwań ery informacyjnej”, grudzień 1996
8. Williams A.C. Jr., Smith M.L., Young P.C., *Risk Management and Insurance*, McGraw-Hill College 1995.

Risk as an Information Category

Summary

Risk is a complex category generally linked with uncertainty of the future. Economic activities are strongly determined by optimal relation between expected profitability and risk taken at the same time. Risk is an objective concept, so it must be measured. Otherwise the management process could not be undertaken effectively. Both, theory and practice, worked out many methods of risk measurement. All of them, more or less, refer to particular factors of the risk. The essential question is, what in specific situation should be concerned as the dominant risk factor. The fundamental assumption is, that the general determinant of risk is lack of information. Possessing complete information can be concerned as a synonym of certainty. Less information means more uncertainty (risk) at the same time.

Following that way of deliberation, measure of missing information could be considered as a measure of the risk. In information theory a measure of the uncertainty associated with a random variable is known as entropy. The term usually refers to the Shannon theory, which quantifies, in the sense of an expected value, the information contained in a message. It usually uses units such as bits. Shannon entropy is also a measure of the average information content that is missing when one does not know the random variable's value.

Authors try to describe some ways of understanding risk in the aspect of information. Besides using the entropy theory, problems of redundancy, information noise, and effective coding are discussed in the aspect of risk management.