

## WYKORZYSTANIE SIECI BAYESOWSKICH W SZACOWANIU RYZYKA INNOWACYJNEGO

### 1. Wstęp

W ostatnim czasie innowacyjność stała się tematem numer jeden w świecie biznesu, jako potencjalne źródło wysokich zysków i sukcesu. Przyczyn takiego stanu rzeczy należy doszukiwać się nie tylko w aspektach ekonomicznych, ale także czysto marketingowych. I choć dla wielu przedsiębiorców, głównie tych z pogranicza rynków lokalnych, innowacja to szansa na zdobycie dodatkowego źródła finansowania działalności, nadal pozostaje grupa firm, która traktuje innowacje nie tylko jako chwyt marketingowy, ale celowo zaprojektowany proces, noszący znamiona nowości lub ulepszeń w kontekście zarówno produktu, procesu, marketingu, jak i organizacji. Proces pozwalający na wykreowanie dodatkowej wartości nie tylko w kontekście samego przedsiębiorstwa, ale też i skali całego świata.

Oczywiście nie oznacza to, iż bagatelizowane są innowacje na skalę przedsiębiorstwa, które występują znacznie częściej i nazywane są innowacjami przyrostowymi oraz prowadzą do mniejszych, aczkolwiek równie korzystnych i istotnych zmian w istniejących stanach rzeczy, jednakże pokazuje to na ciągle pogłębiającą się tendencję zmierzającą w kierunku tworzenia rozwiązań obejmowanych prawem patentowym jako tych, które można w większości nazwać innowacjami o charakterze radykalnym, gdzie mamy do czynienia ze zmianami o charakterze fundamentalnym. Innowacje radykalne będą dotyczyły zmian o charakterze celowo-zaprojektowanym w odniesieniu do konkretnego przemysłu, z kolei przyrostowe obejmują zmiany w stosunku do danej firmy, przy czym istnieje możliwość, iż są już znane i stosowane w innych podmiotach [1].

Tematyka innowacyjności poruszana jest w wielu aspektach, począwszy od kreowania samego pomysłu, poprzez realizację, a skończywszy na pomiarze efektywności inwestycji [3]. W niniejszym artykule przedstawiana jest w kontekście oceny ryzyka, jakie niesie za sobą wdrożenie tak nowego, jak dotąd w większości przypadkach niesprawdzonego, rozwiązania.

Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie, w jaki sposób można określić poziom ryzyka innowacji z wykorzystaniem sieci bayesowskich. W opracowaniu wykorzystano analizę literaturową z zakresu innowacji oraz szeroko rozumianego ryzyka, a także dane pochodzące z praktyki. Wykorzystano także wcześniejsze wnioski, wynikające z publikacji sporządzonych przez autorów, a bezpośrednio dotyczące tematyki analizy ryzyka innowacji (por. [4, 5]). Na tej podstawie opracowano przykładową metodę służącą do analizy ryzyka innowacji.

### 2. Założenia oceny ryzyka

W tej części artykułu przedstawiono założenia dotyczące zarówno aspektów praktycznych, jak i teoretycznych, wynikających z naukowych aspektów badania.

### 2.1. Założenia ogólne

Do opracowania metody służącej do analizy ryzyka przedsięwzięcia innowacyjnego, wykorzystano informacje dotyczące działalności innowacyjnej przedsiębiorstw z województwa opolskiego realizowanej w ramach *Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na lata 2007-2013* (PO IG). Taki kierunek analizy wynikał z celowości wsparcia w ramach programu operacyjnego, a dokładnie działania 4.4, które ukierunkowane jest na przedsiębiorców dokonujących inwestycji początkowych o wysokim potencjale innowacyjnym. Przy czym „inwestycja początkowa to inwestycja w aktywa materialne oraz aktywa niematerialne i prawne związane z utworzeniem nowego zakładu, rozbudową istniejącego zakładu, dywersyfikacją produkcji zakładu poprzez wprowadzenie nowych dodatkowych produktów lub zasadniczą zmianą dotyczącą całościowego procesu produkcyjnego istniejącego zakładu” [6]. Ponadto zakres wsparcia w ramach 4 osi priorytetowej dotyczy przedsiębiorców wprowadzających innowacje (w szczególności technologiczne, ale również organizacyjne) oraz rozpoczynających lub rozwijających działalność B+R [13]. Dodatkowym walorem wybranej grupy przedsiębiorstw jest fakt, iż dofinansowaniem w ramach opisywanego wsparcia objęte są inwestycje polegające na zakupie lub wdrożeniu nowych rozwiązań technologicznych, stosowanych na świecie krócej niż 3 lata lub na zakupie bądź wdrożeniu technologii, której stopień rozpowszechnienia na świecie w danej branży nie przekracza 15%, a których rezultatem będzie powstanie i wprowadzenie na rynek nowego lub znacząco ulepszanego produktu (wyrobu lub usługi) – innowacja produktowa. Produkt nowy pod względem technologicznym to produkt, którego cechy technologiczne lub przeznaczenie różnią się znacząco od produktów już istniejących i dostępnych na rynku. Z kolei ulepszenie może dotyczyć charakterystyk technologicznych, komponentów, materiałów, wbudowanego oprogramowania, bardziej przyjaznej obsługi klienta oraz innych cech funkcjonalnych. Innowacje produktowe zawsze powinny wiązać się z całkowicie nowymi technologiami lub opierać się na połączeniu istniejących technologii w nowych zastosowaniach lub też na wykorzystaniu nowej wiedzy [6, 13]. Ponadto wnioskodawcy musieli się wykazać możliwością utrzymania inwestycji w województwie, w którym została zrealizowana przez okres co najmniej 5 lat w przypadku dużych przedsiębiorstw, a w przypadku mikroprzedsiębiorców, małych i średnich, co najmniej 3 lat od dnia zakończenia projektu. W ramach wydatków objętych wsparciem (kwalifikowanych), co najmniej 30% wydatków powinno pochodzić z środków własnych przedsiębiorcy. Tu również określono maksymalną wartość wsparcia kształtującą się następująco: mikro i mali przedsiębiorcy do 70%, średni przedsiębiorcy do 60% i duzi do 50%. Kwota wydatków kwalifikujących się do objęcia wsparciem nie powinna być mniejsza niż 8 mln zł oraz nie powinna przekraczać 160

mln zł. Wnioskowana kwota dofinansowania nie powinna być mniejsza niż 2,4 mln zł i większa niż 40 mln zł w części inwestycyjnej [6, 12]. Przedstawione założenia dotyczą jedynie najistotniejszych rzeczy z punktu widzenia badania. W praktyce wymogi formalne są znacznie bardziej rozbudowane, jednak z punktu widzenia zakresu przeprowadzonej analizy przedstawiono jedynie te, które bezpośrednio wiążą się z kolejnymi etapami badania.

Jeśli chodzi o założenia własne, to przede wszystkim dotyczą one charakteru wdrażanej innowacji, który powinien dotyczyć innowacji produktowej lub procesowej. Ponadto analizowane wnioski powinny przejść co najmniej ocenę formalną. W ramach analizy ryzyka innowacji skupiono się głównie na ryzyku finansowym jako tym najczęściej występującym w przypadku tego typu projektów. Do przeprowadzenia analizy wykorzystano sieć bayesowską. Opracowano ją na podstawie danych pochodzących z 28 wniosków o dofinansowanie realizacji projektów, które spełniły wszystkie wymienione kryteria. W analizowanej grupie znalazło się 14 przedsiębiorstw, które otrzymały dotację na działalność innowacyjną oraz 14, które nie przeszły oceny drugiego stopnia (merytorycznej dokonywanej przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości – PARP). Założono, że wnioski, które zostały zakwalifikowane do wsparcia posiadały akceptowalny poziom ryzyka. Szczegółowo opisano to w dalszej części pracy. Analizowane wnioski pochodziły z naborów realizowanych w latach 2008 i 2009.

## 2.2. Założenia szczegółowe

Analiza ryzyka to proces niezwykle skomplikowany i trudny do przeprowadzenia w każdym przedsiębiorstwie. Wynika to między innymi z niewiedzy o wielu czynnikach jakie mogą zakłócić funkcjonowanie firmy. Traktując ryzyko jako zagrożenie wystąpienia stanu niepożądanego, należy określić czynniki (źródła), jakie mogą go wywołać. Oczywiście analiza wszystkich jest niemożliwa, a co więcej, zakłócać może faktyczny obraz realizowanego projektu, dlatego należy skupić się na tych najistotniejszych. W prezentowanym przykładzie wybrano czynniki, które według autorów w pierwszej kolejności powinny być analizowane w kontekście oceny ryzyka innowacji.

Przedsięwzięcia innowacyjne cechuje duży stopień ryzyka, głównie ze względu na ich niepowtarzalny i nietypowy charakter oraz stosunkowo długi czas realizacji. Pierwszy aspekt dotyczy głównie kwestii technologii, która nie była wcześniej stosowana, dlatego też niesie pewne ryzyko niepowodzenia. Ten czynnik będzie oceniany z punktu widzenia wskaźnika – okres stosowania technologii na świecie (W1). Ważna w tym momencie może być także skala innowacji

w ujęciu przestrzennym (np. innowacja wewnątrz przedsiębiorstwa, innowacja na skalę krajową czy światową) jednakże w przypadku analizowanej grupy przedsiębiorstw zostaje on pominięty, jako że wszystkie analizowane projekty dotyczą innowacji na skalę światową. Skala innowacji może pojawić się także w ujęciu horyzontu czasowego. Jak wiadomo wraz z upływem czasu wzrasta trudność przewidzenia zdarzeń negatywnych, dlatego też jako jeden z analizowanych elementów wybrano czas realizacji projektu w miesiącach (W2). Istotność wpływu horyzontu czasowego na poziom ryzyka innowacyjnego jest podkreślana przez wielu autorów, dlatego też nie powinna być bagatelizowana i pomijana. Ponadto, od tego czynnika będzie także zależała wartość całego projektu, która traktowana jest jako kolejny wskaźnik (W3). Im większy projekt, tym czas jego realizacji z reguły się wydłuża, co oczywiście zwiększa ryzyko jego niepowodzenia (w kontekście opłacalności) [14]. Możliwość podjęcia decyzji o wdrożeniu tak ryzykownego przedsięwzięcia, jakim jest innowacja determinowana jest także możliwościami podmiotu wnioskującego, które w znacznym stopniu będą zależały od wielkości przedsiębiorstwa (W4) i możliwości finansowych wyrażonych w środkach własnych (procentowo w stosunku do wartości projektu) przeznaczonych na realizację innowacji (W5). Wymienione wskaźniki mogą przyjmować wartości zgodnie z tym, co zapisano w tabeli 1.

Dodatkowo uwzględniono także ryzyko finansowe wyrażone w ocenie wskaźników: płynności bieżącej, poziomu zadłużenia, rentowności sprzedaży, zwrotu na aktywach oraz NPV projektu. Wskaźniki te zostały wybrane w sposób celowy i stanowią jedynie punkt wyjścia w całościowej ocenie ryzyka. Wskaźnik płynności bieżącej, jaki wnioskodawca uwzględnił w biznesplanie, informuje o zdolności przedsiębiorstwa do spłacenia wszystkich zobowiązań bieżących, poprzez upłynnienie zasobów majątku obrotowego. Zbyt niska wartość może świadczyć o problemach z regulowaniem zobowiązań krótkookresowych, co w sposób oczywisty zagrażać może realizacji przedsięwzięcia innowacyjnego. Zbyt wysoki wskaźnik świadczy z kolei o niewykorzystanych możliwościach inwestycyjnych. Przyjęto, że wskaźnik ten powinien przyjmować wartość w przedziale 1,6-1,9 [11]. Wskaźnik obliczono zgodnie z wzorem:

$$Wp = \frac{\text{aktywa bieżące}}{\text{zobowiązania bieżące}} \quad (1)$$

Do zbadania poziomu zadłużenia wykorzystano wskaźnik zadłużenia wyrażony wzorem:

$$Wz = \frac{\text{zobowiązania ogółem} \times 100\%}{\text{aktywa ogółem}} \quad (2)$$

Wskaźnik	Przyjmowane wartości			
1	Krócej niż 1 rok	Nie dłużej niż 3 lata		
2	od 0 do 12 miesięcy	(12-36 miesięcy>	Powyżej 36 miesięcy	
3	Mniej niż 20 mln zł	(20-43 mln zł>	(43-78 mln zł >	Powyżej 78 mln zł
4	Mikro	Małe	Średnie	Duże
5	Poniżej 7,04 %	(7,04-19,34%>	(19,34-29,98%>	Powyżej 29,98%

Tab. 1. Przedziały wartości wskaźników

Do analizy wykorzystano średnią wartość wskaźnika.

W analizie rentowności zastosowano wskaźnik rentowności sprzedaży:

$$RS = \frac{\text{zysk netto} \times 100\%}{\text{przychody ze sprzedaży}} \quad (3)$$

oraz wskaźnik zwrotu na aktywach ROA (W8):

$$ROA = \frac{\text{zysk netto}}{\text{aktywa ogółem}} \quad (4)$$

Wskaźniki rentowności pokazują efektywność działalności danej firmy. W każdym przypadku do analizy wykorzystano średnią wartość wskaźnika.

Jeśli chodzi o efektywność inwestycji, to badana była za pomocą wskaźnika wartości bieżącej netto – NPV projektu:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (5)$$

gdzie:

$CF_t$  – Cash flow w okresie  $t$  w cenach nominalnych (w założeniach wnioskodawca uwzględni wzrost cen),

$r$  – stopa dyskonta przyjęta na poziomie 8%; obejmuje ona następujące elementy: realna stopę oprocentowania lokat wolnych od ryzyka, stopę inflacji, premie płynności, premie za ryzyko,

$I_0$  – nakłady początkowe,

$n$  – lata realizacji inwestycji,

$t$  – kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji uzasadnione branżą działalności, rodzajem i charakterem inwestycji.

NPV użyte w analizie wyliczone zostało bez wartości dotacji z umowy o dofinansowanie oraz z wyłączeniem wartości rezydualnej (wartość końcowa przedmiotu inwestycji po amortyzacji).

W przypadku wskaźników  $Wp$ ,  $Wz$ ,  $Rs$  i  $ROA$  analizowano wskaźniki z okresów: rok bazowy  $n-2$ , rok bazowy  $n-1$ , okres bieżący (miesiąc/rok)  $n$ .

Wykorzystanie wskaźników finansowych w analizie ryzyka innowacji wynika z faktu, iż pełnią one ważną rolę w procesie podejmowania decyzji w firmie. Analiza finansowa wynikająca z podstawowych sprawozdań finansowych, tj. bilansu, rachunku zysków i strat oraz rachunku przepływów pieniężnych, pozwala wysunąć pewne wnioski o kondycji finansowej przedsiębiorstwa, pełniąc tym samym rolę bufora bezpieczeństwa innowacji. Obejmuje

ona wstępną analizę sprawozdania finansowego oraz analizę wskaźnikową, której wybrane elementy wykorzystano w niniejszej pracy. Analiza wskaźnikowa stanowi bowiem pewnego rodzaju uogólnienie i całościowe spojrzenie na funkcjonowanie przedsiębiorstwa w kontekście kształtowania się określonych relacji finansowych [2].

Analiza ryzyka finansowego została dokonana na podstawie oceny punktowej, w której uwzględniono trzy poziomy ryzyka: niskie, średnie i wysokie. Każdy z parametrów został przypisany do odpowiedniej grupy, zgodnie z kryteriami zawartymi w tabeli 2.

Maksymalna ocena, jaką mogło uzyskać przedsiębiorstwo, wynosiła 20 pkt. Przy czym, im większy wynik, tym niższe ryzyko strat finansowych, dlatego też przyjęto, że przedsiębiorstwa z punktacją od 15 do 20 cechują się niskim ryzykiem, od 14 do 10 średnim, a poniżej 10 wysokim.

Ostatnim wskaźnikiem, jaki zastosowano do oceny, była decyzja o przyznaniu dofinansowania (W7). W tym zakresie przyjęto, że projekty, które nie zostały zakwalifikowane do dofinansowania cechują się ryzykiem wysokim, dlatego też uwzględnienie tego parametru wydaje się być zasadne. Podsumowując można wymienić następujące wskaźniki użyte w opracowaniu metody analizy ryzyka:

**W 1.** Okres stosowania technologii na świecie.

**W 2.** Czas realizacji projektu w miesiącach.

**W 3.** Wartość całego projektu.

**W 4.** Wielkość przedsiębiorstwa.

**W 5.** Środki własne przeznaczone na realizację innowacji.

**W 6.** Ryzyko finansowe.

**W 7.** Decyzja o przyznaniu dofinansowania.

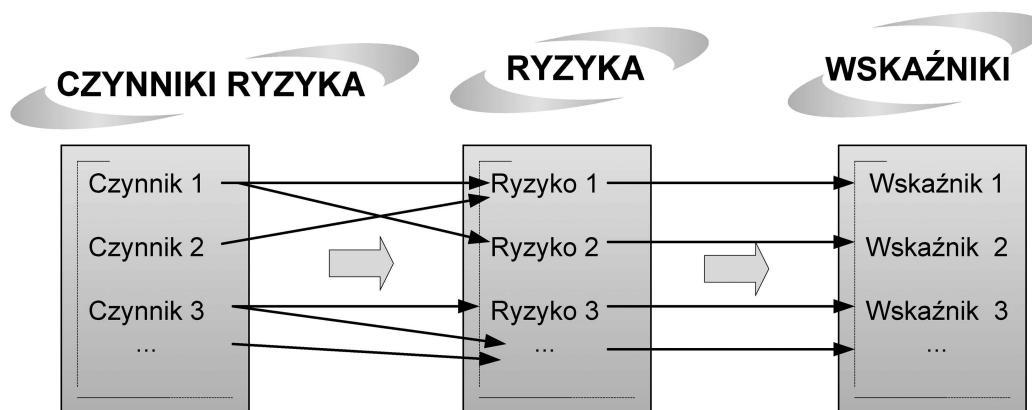
W ten sposób, poprzez identyfikację czynników ryzyka, określono ryzyko zajścia zdarzenia niepożądanego i wyznaczono jego wskaźnik pomiarowy. Można to graficznie przedstawić jak na rysunku 1.

### 3. Opracowanie sieci bayesowskiej do analizy ryzyka innowacji

Sieci bayesowskie umożliwiają dokonanie oceny ryzyka w warunkach niepewności. Pozwalają na połączenie różnych danych (zarówno pochodzących z subiektywnej oceny, jak i danych empirycznych) oraz zaprezentowanie ich w postaci graficznej. Sieć bayesowska to skierowany acykliczny graf, którego topologia pokazuje zależności (lub ich brak) pomiędzy zmiennymi modelu. Składa się z części

Wskaźnik	Punktacja			
	1	2	3	4
<b>Wp</b>	Wskaźnik płynności w 3 analizowanych okresach równy bądź mniejszy niż 1,6	Wskaźnik płynności w 2 analizowanych okresach równy bądź mniejszy niż 1,6	Wskaźnik płynności w 1 analizowanym okresie równy bądź mniejszy niż 1,6	Wskaźnik płynności w analizowanych okresach zawsze większy niż 1,6
<b>Wz</b>	Powyżej 72%	(55-72%>	(28-55%>	Mniejsze niż 28 %
<b>Rs</b>	Poniżej 0	(0-4,15>	(4,15-9,27>	Powyżej 9,27
<b>ROA</b>	Poniżej 0	(0-0,06>	(0,06-0,12>	Powyżej 0,12
<b>NPV</b>	<0-13 463 zł >	(13 463-44 361zł>	(44 361-142 236zł>	Powyżej 142 236 zł

Tab. 2. Ocena punktowa ryzyka finansowego



Rys. 1. Identyfikacja czynników ryzyka oraz wyznaczenie wskaźników pomiarowych

jakościowej, która stanowi zbiór zmiennych – węzłów grafu wraz z probabilistycznymi zależnościami pomiędzy nimi oraz części ilościowej sieci, reprezentującej rozkład prawdopodobieństwa łącznego dla tych zmiennych. Związki pomiędzy węzłami są przedstawiane za pomocą łuku [7, 8, 9]. Budowana jest w oparciu o teorię Bayesa, wykorzystującą twierdzenia dotyczące prawdopodobieństw bezwarunkowego i warunkowego [10]. Reguła Bayesa wyraża się wzorem [8]:

$$P(A|I) = \frac{P(A) \times P(I|A)}{P(I)} \quad (6)$$

gdzie:

$P(A|I)$  – prawdopodobieństwo *a posteriori* (warunkowe) zajścia zdarzenia  $A$  pod warunkiem zajścia zdarzenia  $I$ ,

$P(A)$  – prawdopodobieństwo *a priori* (bezw warunkowe) zajścia zdarzenia  $A$ ,

$P(I|A)$  – prawdopodobieństwo *a posteriori* (warunkowe) zajścia zdarzenia  $I$  pod warunkiem zajścia zdarzenia  $A$ ,

$P(I)$  – prawdopodobieństwo *a priori* (bezw warunkowe) zajścia zdarzenia  $I$ .

Do opracowania metody analizy wykorzystano oprogramowanie NETICA, którego wersja demonstracyjna dostępna jest poprzez witrynę <http://www.norsys.com/download.html>.

Po określeniu zmiennych i zdefiniowaniu połączeń pomiędzy nimi, przystąpiono do określenia prawdopodobieństw warunkowych i bezwarunkowych, co prezentuje rysunek 2. W wyniku zastosowania założeń Bayesa, możliwe stało się określenie, w jakim stopniu prawdopodobne jest otrzymanie dofinansowania przez przedsiębiorstwo pod warunkiem wystąpienia konkretnych sytuacji. Program umożliwia bowiem automatyczne obliczenie prawdopodobieństwa po wcześniejszym wyborze zdefiniowanego stanu.

Kolejnym krokiem w ocenie ryzyka, powinno być określenie poziomów ryzyka. Zakładając np., że jeśli prawdopodobieństwo otrzymania dotacji mieści się w przedziale:

- $\langle 0,25 \rangle$  to ryzyko innowacyjne jest bardzo wysokie,
- $\langle 25,50 \rangle$  to ryzyko innowacyjne jest wysokie,
- $\langle 50,75 \rangle$  to ryzyko innowacyjne jest średnie,
- $\langle 75,100 \rangle$  to ryzyko innowacyjne jest niskie.

Oczywiście określenie przedziałów powinno wynikać z doświadczenia i wiedzy eksperckiej, a także poziomu akceptowalnego ryzyka, gdyż jak wiadomo nie ma możliwości

całkowitego jego wyeliminowania. Zastosowanie sieci bayesowskich, po określeniu wszystkich wcześniej wymienionych elementów, pozwala na stosunkowo łatwe obliczenie ryzyka wdrażania innowacji przy planowanych nakładach oraz założeniach dotyczących realizacji projektu i określonej kondycji finansowej przedsiębiorstwa.

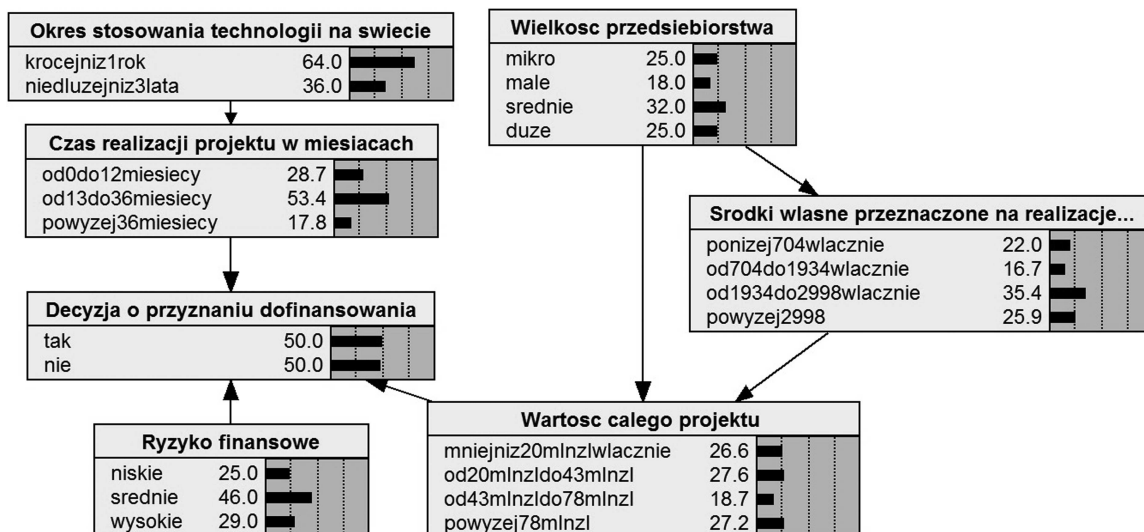
Przykładowo, dla mikroprzedsiębiorstwa (W4), które planuje wdrożyć innowację opierającą się na technologii stosowanej na świecie krócej niż 1 rok (W1), przy założeniu realizacji projektu w przedziale czasu od 13 do 36 miesięcy (W2) oraz ryzyku finansowym (W6) niskim, a także wartości całego projektu (W3) mniejszej niż 20 000 000 zł i wielkość środków własnych nieprzekraczających 7,04% (W5), prawdopodobieństwo otrzymania dotacji wynosi 65%, czyli planowana inwestycja może zostać uznana za średnio ryzykowną (rys. 3).

Program NETICA pozwala określić zdefiniowany poziom ryzyka również na podstawie niepełnej informacji o wystąpieniu danego zdarzenia, np. dla wcześniejszego przykładu nie znając poziomu ryzyka finansowego, prawdopodobieństwo otrzymania dotacji wynosi 46,1%, czyli zostaje już określone jako wysoce ryzykowne przedsięwzięcie (rys. 4). Należy zauważyć, iż uzyskane wyniki będą zależały od wcześniejszych ustaleń eksperta budującego sieć oraz założeń, co do określenia przedziałów ryzyka. Tak naprawdę w całym procesie oceny ryzyka, ten etap jest najtrudniejszy do określenia, gdyż w dużej mierze determinowany jest subiektywną oceną eksperta. Dlatego też należy zachować zdrowy rozsądek podczas decyzji o realizacji przedsięwzięcia innowacyjnego nawet, jeśli jego ryzyko zostało określone na względnie niskim poziomie. Pamiętać trzeba bowiem, iż niemożliwe jest określenie oraz uwzględnienie w modelu oceny ryzyka innowacyjnego wszystkich czynników mających wpływ na realizację projektu innowacyjnego.

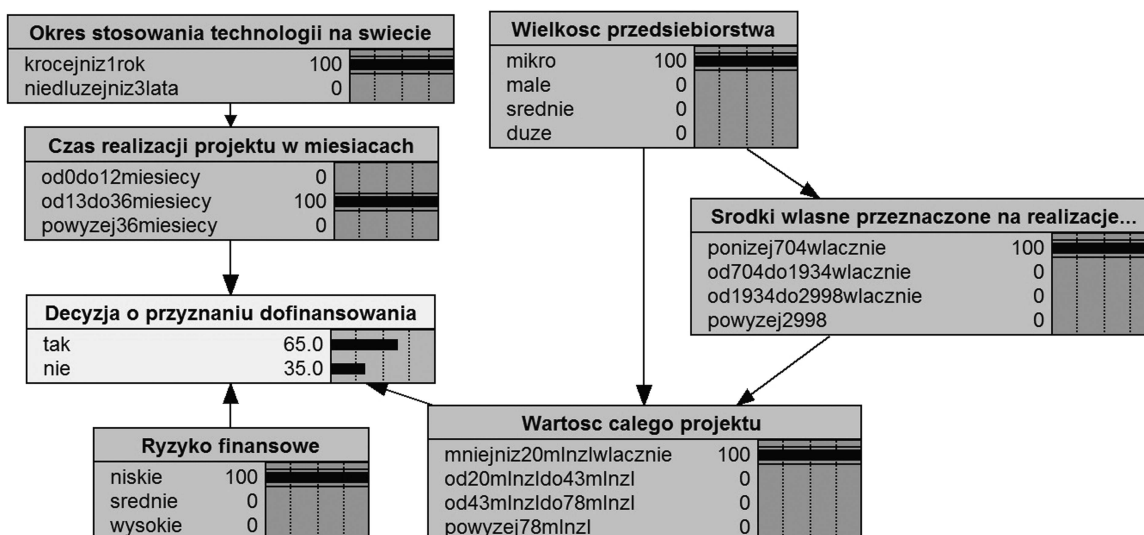
#### 4. Podsumowanie

Szacowanie ryzyka innowacyjnego to proces niezmiernie złożony i trudny do przeprowadzenia. W dużej mierze jest on zależny od ilości dostępnych informacji oraz wiedzy i doświadczenia eksperta dokonującego oceny.

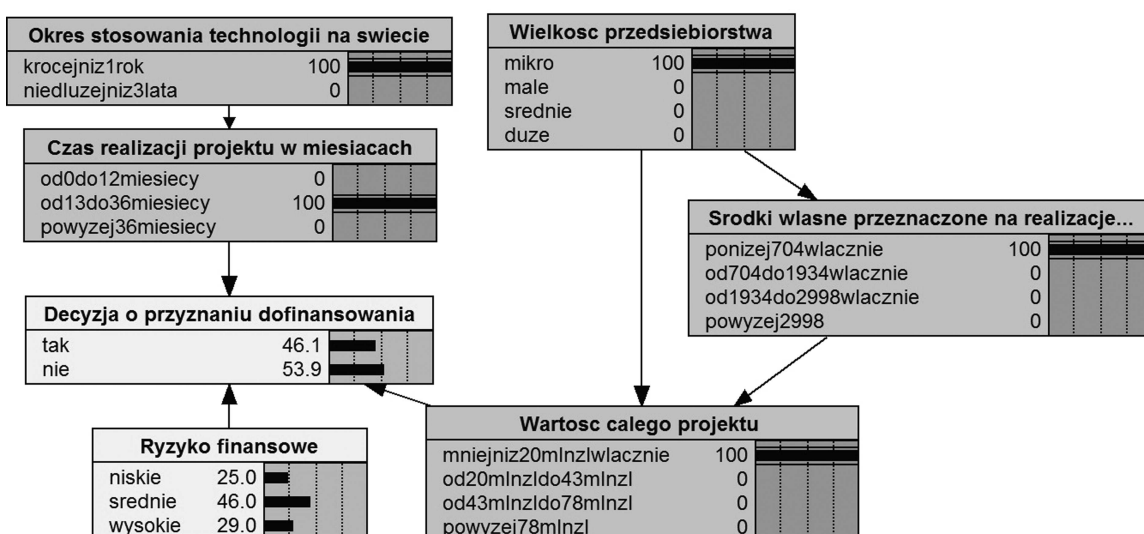
W artykule pokazano, w jaki sposób, z uwzględnieniem przyjętych założeń, można określić poziom ryzyka innowacyjnego. Scharakteryzowano tym samym przykładowe



Rys. 2. Zdefiniowanie powiązań pomiędzy zmiennymi oraz określenie prawdopodobieństw warunkowych i bezwarunkowych



Rys. 3. Określenie prawdopodobieństwa uzyskania dotacji przy znanych wszystkich warunkach



Rys. 4. Określenie prawdopodobieństwa uzyskania dotacji przy niepełnej informacji

czynniki analizowanego ryzyka, dotyczące zarówno przedsiębiorstwa oraz samego przedsięwzięcia.

W pierwszym kroku, określono najważniejsze czynniki ryzyka innowacyjnego oraz ich wskaźniki pomiarowe. Zakładając, iż ryzyko to prawdopodobieństwo wystąpienia stanu niepożądanego (według koncepcji negatywnej) autorzy wybrali następujące wskaźniki do szacowania zagrożenia niepowodzenia innowacji:

**W 1.** Okres stosowania technologii na świecie.

**W 2.** Czas realizacji projektu w miesiącach.

**W 3.** Wartość całego projektu.

**W 4.** Wielkość przedsiębiorstwa.

**W 5.** Środki własne przeznaczone na realizację innowacji.

**W 6.** Ryzyko finansowe.

**W 7.** Decyzja o przyznaniu dofinansowania.

Wybrane czynniki (źródła) ryzyka stanowią jedynie przykładowy zestaw i zostały celowo wybrane z punktu widzenia obszaru badanego ryzyka. Należy jednak pamiętać, iż każde potencjalne źródło zagrożenia może stać się podstawą do kolejnego rodzaju ryzyka związanego z realizowanym projektem. W tym kontekście pojawia się więc aspekt doboru odpowiednich i najbardziej istotnych z punktu widzenia efektywności innowacji źródeł ryzyka. Jest to etap niezmiernie ważny, ponieważ jak wiadomo niemożliwe jest uwzględnienie wszystkich czynników, gdyż od tego zależeć będzie trafność oceny szacowanego ryzyka. Tutaj także, autorzy podkreślają rolę eksperta, który w przeważającej mierze ukierunkowuje proces szacowania ryzyka. Etap ten nosi znamiona subiektywizmu, który występuje tak naprawdę prawie na każdym etapie analizy ryzyka.

W kolejnym kroku określono zależności pomiędzy wymienionymi czynnikami oraz prawdopodobieństwo zajścia analizowanych stanów. Dzięki temu możliwe stało się opracowanie prostej sieci bayesowskiej. Na jej podstawie z kolei pokazano, w jaki sposób można określić poziom ryzyka innowacyjnego, przy konkretnych założeniach i dostępnych informacjach.

Sieci bayesowskie pozwalają na połączenie przyczynowo-skutkowe zdarzeń, co ułatwia określenie poziomu ryzyka. Skuteczność stosowania tej metody, w szacowaniu ryzyka np. w medycynie, pozwala sądzić, iż zasadne wydaje się jej zastosowanie również do oceny projektów innowacyjnych.

#### Literatura:

- [1] Baruk J.: *Zarządzanie wiedzą i innowacjami*. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2009.
- [2] Bera A.: *Analiza finansowa jako narzędzie ograniczania ryzyka w działalności przedsiębiorstwa*. [W:] *Nowoczesne zarządzanie finansami przedsiębiorstwa*, red. A. Bielawska. Wydawnictwo C. H. Beck, Warszawa 2009.
- [3] Knosala R., Boratyńska-Sala A., Jurczyk-Bunkowska M., Moczala A.: *Zarządzanie innowacjami*. PWE, Warszawa 2013.
- [4] Landwójtowicz A., Knosala R.: *Analiza czynników ryzyka w przedsięwzięciu innowacyjnym na wybranym przykładzie*. Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, *Ekonomika i Organizacja Gospodarki Żywnościowej* nr 88 (2011), Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2011.

- [5] Landwójtowicz A., Knosala R.: *Koncepcja modelu analizy ryzyka finansowego przedsięwzięć innowacyjnych*. [W:] *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, red. R. Knosala. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2012.
- [6] Materiały otrzymane z Fundacji Rozwoju Śląska oraz Wspierania Inicjatyw Lokalnych, <http://www.fundacja.opole.pl/>, 18.01.2013.
- [7] Moore P.G.: *Ryzyko w podejmowaniu decyzji*. PWE, Warszawa 1975.
- [8] Olbrys J.: *Sieć bayesowska jako narzędzie pozyskiwania wiedzy z ekonomicznej bazy danych*. Dostępny w Internecie: <http://www.wi.pb.edu.pl/pliki/nauka/zeszyty/z2/olbrys-full.pdf>, dostęp 18.01.2013.
- [9] Onisko A., Druzdzel M. J., Wasyluk H.: *Uczenie parametrów sieci bayesowskich z danych z wykorzystaniem bramek noisy-or*. Dostępny w Internecie: <http://www.pitt.edu/~druzdzel/psfiles/warsaw02.pdf>, dostęp 18.01.2013.
- [10] Ostaszewicz J.: *Zastosowanie sieci bayesowskich do analizy intensywności występowania zakłóceń w elektroenergetycznych sieciach rozdzielczych*. Dostępny w Internecie: <http://bambus.iel.waw.pl/pliki/ogolne/prace%20IEL/236/12.pdf>, dostęp 18.01.2013.
- [11] Ostaszewski J. (red.): *Finanse*. Wydawnictwo Difin, Warszawa 2008.
- [12] Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego z dnia 7 kwietnia 2008 r. w sprawie udzielania przez Polską Agencję Rozwoju Przedsiębiorczości pomocy finansowej w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, 2007-2013. Dostępny w Internecie: [http://www.poig.gov.pl/Dokumenty/pp/Listy/Prawo%20Polskie/Attachments/6/Rozp\\_MRR\\_070408\\_PARP.pdf](http://www.poig.gov.pl/Dokumenty/pp/Listy/Prawo%20Polskie/Attachments/6/Rozp_MRR_070408_PARP.pdf), dostęp 18.01.2013.
- [13] Szczegółowy opis priorytetów Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013, Warszawa, 18 października 2012. Dostępny w Internecie [http://www.poig.gov.pl/Dokumenty/ZmianyWDokumentach/Documents/Szczegolowy\\_opis\\_priorytetow\\_ver16\\_zatwierdzona\\_18102012.pdf](http://www.poig.gov.pl/Dokumenty/ZmianyWDokumentach/Documents/Szczegolowy_opis_priorytetow_ver16_zatwierdzona_18102012.pdf), dostęp 18.01.2013.
- [14] Świtalski W.: *Innowacje i konkurencyjność*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2005.

#### USING BAYESIAN NETWORKS TO ESTIMATE THE INNOVATIVE RISK

##### Key words:

innovations, innovative risk, risk estimation, bayesian networks.

##### Abstract:

Today, the advantage of enterprises is built by the process of innovations implementation. A decision concerning the innovations implementation is always difficult and risky because innovations are specific kinds of investments and are a potential source of many threats. This is why before taking a decision about an implementation of a given solution, it is extremely important to make an analysis of its

consequences. A risk analysis becomes more and more important in this aspect because it makes it possible to estimate the level of dangers which can be caused by a new investment solution. This is why the process of estimating innovation risk with the use of Bayesian networks has been presented in this work. Data from projects carried out under the Operational Programme Innovative Economy for the years 2007-2013 in Opole Province and the NETICA programme have been used in order to work out an exemplary method.

It has been shown how to determine the innovative risk level with taking into consideration the adopted assumptions. Exemplary factors of the analysed risk concerning both the enterprise and the sheer undertaking have been characterised.

In the first step, the most important factors of innovation risk and their measuring indicators have been specified. Assuming that the risk is a probability of an undesirable state occurrence (according to a negative concept), the authors have chosen the following indicators to estimate the danger of an innovation failure:

- W 1.** Period of using technology in the world.
- W 2.** Time of carrying out the project expressed in months.
- W 3.** Value of the whole project.
- W 4.** Size of the enterprise.
- W 5.** Own financial resources designed for making innovation.
- W 6.** Financial risk.
- W 7.** Decision about granting a subsidy.

The chosen factors (sources) of risk are only an exemplary set and were chosen on purpose from the point of view of an area of the analysed risk. It is necessary to remember that each potential source of danger can become the basis of a subsequent risk connected with the project being carried out. In this context, an aspect of choosing appropriate and the most important risk sources, from the point of view of the innovation efficacy, appears. It is an extremely important stage because as we know it is impossible to take into consideration all factors because the assessment of accuracy of the estimated risk shall depend on it. In this case authors also highlight the role of an expert who mainly directs the risk estimation process. This step is a little subjective but in reality, the subjectivity is present in almost every step of risk analysis.

The next step included the specification of dependencies between the enumerated factors and the probability of the analysed states occurrence. Thanks to that, the elaboration of a simple Bayesian network has become possible. It has been shown, on its basis, how the level of innovation risk can be estimated if the specific information and assumptions are available.

**Prof. dr hab. inż. Ryszard KNOSALA**

**Mgr inż. Anna LANDWÓJTOWICZ**

Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów

Politechnika Opolska

r.knosala@po.opole.pl

a.landwojtowicz@po.opole.pl