

Teoria zbiorów rozmytych w zarządzaniu ryzykiem jako użyteczne narzędzie systemu zarządzania jakością

The theory of fuzzy sets in risk management as a utilitarian tool of a quality management system

dr Anna DEMBICKA*, mgr Katarzyna Anna MOŁAS**

SŁOWA KLUCZOWE

ryzyko, zarządzanie systemem jakości, zbiory rozmyte, identyfikacja niezgodności

KEYWORDS

risk, quality system management, fuzzy sets, identification of nonconformities

STRESZCZENIE

Działalność przedsiębiorstwa wiąże się z potrzebą analizowania ryzyka oddziałującego na procesy firmy. Norma PN-EN ISO 9001:2015 dokonuje identyfikacji czynników ryzyka i ich wpływu na jakość wyrobu. W szacowaniu ryzyka punktowe oceny wyrażające subiektywne opinie zastępowane są coraz częściej formalnym zapisem niepewności. Artykuł ukazuje zastosowanie rozmytego systemu wnioskującego w procesie zarządzania ryzykiem, umożliwiające bardziej precyzyjne określenie znaczących ryzyk w firmie. Publikacja wchodzi w skład cyklu prac prezentujących różne aspekty zarządzania procesowego w przemyśle stoczni jachtowych. Stanowi równocześnie teoretyczny wstęp dla kolejnego, przygotowanego już artykułu prezentującego uszczegółowiony opis tworzenia modelu pojęciowego normalizującego kryteria oceny ryzyka dla procesu laminowania w stoczni jachtowej.

ABSTRACT

The company's activity is connected with the need to analyze the risk affecting the company's processes. The PN-EN ISO 9001:2015 standard identifies risk factors and their impact on product quality. In the risk assessment, the point ratings expressing subjective opinions are increasingly replaced with a formal record of uncertainty. The article shows the application of a fuzzy application system in the risk management process. The publication is a part of a series of papers presenting various aspects of process management in the shipyard yacht industry. At the same time, it is the theoretical introduction to the next article presenting a detailed description of creating a conceptual model that normalizes the risk assessment criteria for the lamination process at the yacht shipyard.

Wprowadzenie

Działalność jednostek i całych społeczności od zawsze związana była z ryzykiem. Szacuje się, że już ok. 3200 lat p.n.e. szamani zwani Asipu, żyjący w dolinie Tygrysu i Eufratu, pomagali ludziom podejmować trudne, niepewne decyzje [36].

W języku włoskim słowo *rischio* oznacza rażą, którą powinni omijać żeglarze, a dominującym akcentem etymologii słowa „ryzyko” jest niebezpieczeństwo zagrażające jednostkom pływającym – jachtom, statkom, łodziom [2]. Historycznie ryzyko miało więc odniesienie do podróży morskich – nawiązując z jednej strony do lęku i przygody wyrażanych w formie niepewności, z drugiej korespondując z korzyściami, które można osiągnąć w wyniku tychże wojaży [41]. Widoczna jest zatem zależność pomiędzy permanentnym udoskonalaniem

aspektów funkcjonalnych (niezawodność, trwałość, bezpieczeństwo użytkowania, łatwość i szybkość naprawy) i pozafunkcjonalnych (kształtowanie pozytywnego wizerunku przedsiębiorstwa, zaspokojenie potrzeb estetycznych i ergonomicznych, realizacja wartości proekologicznych) wpływających na wartość oferty na etapie jej projektowania, wytwarzania i eksploatacji, a swoistą obawą przed popełnieniem niespodziewanego, często zbyt kosztownego błędu.

1. Ryzyko

Ryzyko jest pojęciem wieloznacznym. To kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia oraz jego skutków [9]. Ryzyko może pociągać za sobą konsekwencję stanowiącą szansę na dodatkowe korzyści bądź też zagrożenie dla powodzenia przedsięwzięcia [27].

Pojęcie ryzyka wprowadzono do nauk o zarządzaniu w latach 60. przez Davida Bendela Hertza [37]. Stanowi ono nieodłącznym elementem każdej decyzji podejmowanej w cyklu życia przedsiębiorstwa.

* Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa, Katedra Systemów Jakości i Materiałoznawstwa, Politechnika Gdańska; e-mail: annndembi@pg.edu.pl

** Wydział Oceanotechniki i Okrętownictwa, Katedra Systemów Jakości i Materiałoznawstwa, Politechnika Gdańska; e-mail: katmolas@pg.edu.pl

Według guru współczesnego zarządzania Petera Druckera unikanie ryzyka prowadzi do ryzyka bezczynności [40].

Ryzyko według normy ISO 31000 określane jest jako **wpływ niepewności na cele** [23]. W przedsiębiorstwach cele te obejmują głównie zamiar osiągnięcia długoterminowego zysku, zapewniania wysokiej jakości wyrobów i usług oraz przestrzegania norm etycznych i ekologicznych [41]. Jednym z głównych zadań każdego przedsiębiorstwa jest maksymalizacja jego wartości. Na wartość przedsiębiorstwa istotny wpływ mają strategie związane z redukcją ryzyka występującego w działalności firmy [42]. Należy jednak unikać sytuacji, w których wydatki na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa znacznie przekraczają przewidywane przychody firmy [13].

2. Zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie z wykorzystaniem zasad logiki rozmytej

Według Krystyny Lisieckiej zarządzanie ryzykiem to główna determinanta jakości zarządzania organizacją, będąca integralną częścią strategii organizacji [38]. Celem zarządzania ryzykiem jest przede wszystkim ustalenie akceptowanego poziomu ryzyka [10]. Zarządzanie ryzykiem zwiększa wartość przedsiębiorstwa, przyczyniając się do realizacji jego celów poprzez [27]:

- zapewnienie ram systemowych, dzięki którym dalsza działalność organizacji będzie prowadzona w sposób spójny i kontrolowany,
- usprawnianie procesu podejmowania decyzji,
- efektywniejszą alokację posiadanego kapitału i zasobów,
- budowanie pozytywnego wizerunku organizacji,
- rozwijanie potencjału intelektualnego firmy.

Norma PN-EN ISO 31000:2012, będąca składową zasadą przestrzeganych podczas wdrażania procesu oceny ryzyka w każdej organizacji, obejmuje następujące etapy:

- a) **ustalenie kontekstu,**
- b) **ocenę ryzyka** – na którą składają się identyfikacja, analiza i ewaluacja ryzyka,
- c) **postępowanie z ryzykiem,**
- d) **monitorowanie i przegląd ryzyka,**
- e) **komunikację i konsultacje z interesariuszami.**

Monitorowanie oraz nadzór nad ryzykiem dotyczy rozpatrywania nowych ryzyk, jak również analizy ryzyka uprzednio zidentyfikowanego. Jedynie stałe i we właściwy sposób dokumentowane procesy monitorowania i przeglądu ryzyka gwarantują dostęp do rzetelnych informacji i umożliwiają kontrolowanie ryzyka. Z kolei komunikowanie się i konsultacje nie są celem samym w sobie i służą lepszemu zrozumieniu potrzeb podmiotów wpływających na proces zarządzania ryzykiem [39].

2.1. Ustalanie kontekstu

Kształtując system zarządzania ryzykiem, należy uwzględnić wewnętrzne i zewnętrzne aspekty

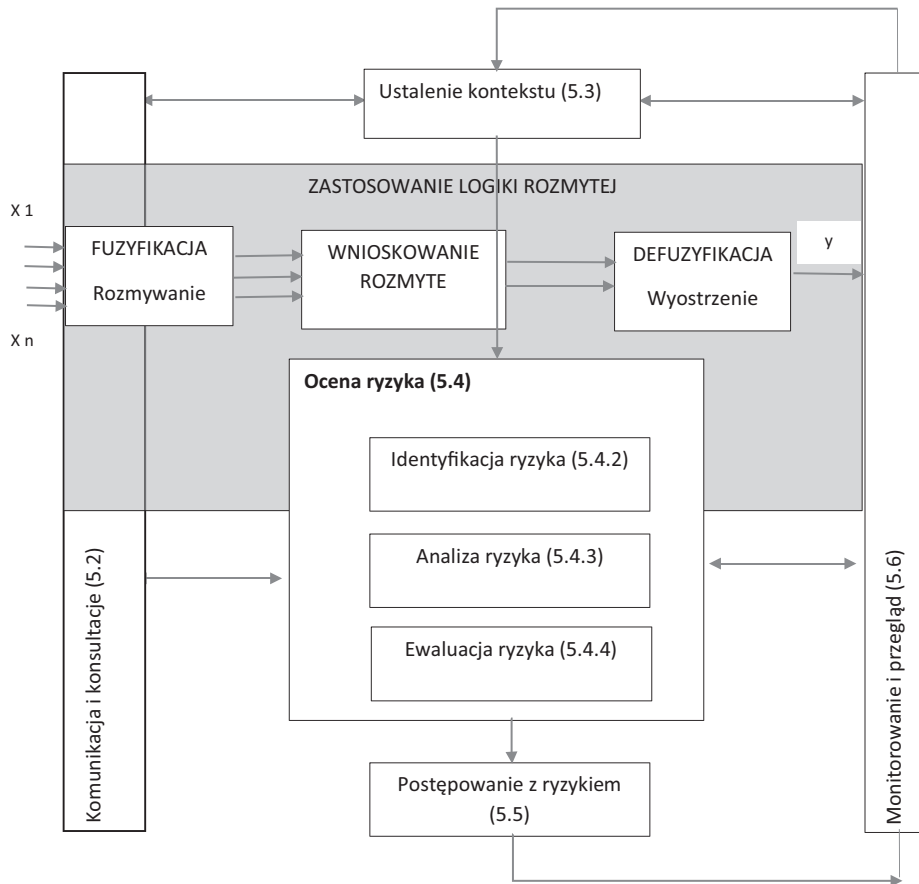
działalności przedsiębiorstwa. A. Kumpiałowska wskazuje na konieczność weryfikacji następujących obszarów wewnętrznych: procesy organizacyjne i zarządcze, finanse, środowisko informatyczne oraz wszelkie kwestie związane ze specyfiką prowadzonej działalności. Do zewnętrznych przesłanek zalicza ona natomiast: otoczenie ekonomiczne, otoczenie prawne, konkurencję, infrastrukturę, kontrahentów i klientów [18].

Zarządzanie ryzykiem ma pozwolić na osiągnięcie zamierzonych wyników. Wynik ten może być inaczej interpretowany, w zależności od celów poszczególnych zainteresowanych. Współcześnie – w związku z występującą presją permanentnego wzrostu efektywności działań – przedsiębiorstwa produkcyjne starają się zarządzać w sposób świadomy i ukierunkowany na stale zmieniające się preferencje interesariuszy (*stakeholders*). Określenie potrzeb i oczekiwań klientów wewnętrznych i zewnętrznych, właścicieli, dostawców, partnerów biznesowych, organów rządowych i społeczności lokalnych daje możliwość pełnego określenia ryzyka i tylko wtedy firma może uzyskać trwały sukces organizacji [22]. Ponadto portfelowe (ogólne) zarządzanie ryzykiem, obejmujące: rodzaj działalności przedsiębiorstwa (produkcyjna, handlowa, projektowa), określone grupy klientów (korporacyjny, instytucjonalny, detaliczny), rodzaje transakcji (sprzedaż gotówkowa, sprzedaż wykorzystująca kanał internetowy) oraz rodzaj rynku (krajowy, krajów Unii Europejskiej, krajów Bliskiego i Dalekiego Wschodu, amerykański), umożliwi bardziej uszczegółowioną identyfikację ryzyka, jak również obniżenie jego skali lub osiągnięcie dodatkowych korzyści ekonomicznych [14].

2.2. Teoria zbiorów rozmytych w ocenie ryzyka

Jednym z kluczowych elementów procesu zarządzania ryzykiem jest ocena ryzyka. Obejmuje ona identyfikację ryzyka, jego analizę i ewaluację. Ocena ryzyka to proces skomplikowany ze względu na subiektywność i rozmytość. Subiektywność odnosi się do doznań podmiotowych, a nie obiektywnej rzeczywistości. Związana jest z kierowaniem się osobistymi względami, upodobaniami, obawami, uprzedzeniami i pragnieniami w ocenie faktów, jako miernik zła i dobra [15]. Z tego też względu oszacowanie ryzyka jest często niemożliwe do zrealizowania jedynie za pomocą klasycznych aparatów matematycznych.

Ogromna zaleta **teorii zbiorów rozmytych** (ang. *fuzzy sets*) pozwala na opisanie w języku matematycznym pojęć nieprecyzyjnych, operowanie nimi oraz podejmowanie decyzji [1, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 16, 21, 25, 26, 28, 34, 35]. Umożliwia ona jednolite traktowanie zagadnień o charakterze losowym, jak i nielosowym [31]. Stanowi jedno z rozwiązań logiki wielowartościowej, w której pomiędzy pełną przynależnością oraz brakiem przynależności do danego zbioru istnieje również możliwość przynależności w pewnym stopniu [5]. Pierwsze jej



Rysunek 1. Logika rozmyta w ujęciu zarządzania ryzykiem wg normy PN-EN ISO 31000:2012
Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne

Źródło: opracowanie własne na podstawie [41]

zastosowania pojawiły się w latach 80. XX wieku, m.in. w sterowaniu piecem cementowni, oczyszczalni ścieków, sterowaniu pociągiem [19, 30]. W latach 90. XX wieku nastąpił japoński „fuzzy logic boom” – zaczęto powszechnie stosować sterowniki rozmyte w sprzęcie AGD, przemyśle samochodowym (układ ABS, wtrysk paliwa), w aparatach fotograficznych i kamerach itd., także w systemach wspomagania decyzji, na przykład w planowaniu produkcji [17,20, 24], ekonomii behawioralnej czy szacowaniu ryzyka ubezpieczeniowego [3].

2.3. Identyfikacja ryzyka – zastosowanie teorii rozmytości w identyfikacji niezgodności

W działalności gospodarczej należy umieć mierzyć ryzyko, ale równie ważna jest identyfikacja źródeł jego powstawania [43]. Umożliwia ona rozpoznanie zdarzeń uniemożliwiających osiągnięcie zakładanych celów, mogących stanowić zagrożenie dla funkcjonowania całego przedsiębiorstwa. W procesie identyfikacji ryzyka działalności przedsiębiorstwa wyróżnia się między innymi **ryzyko niezależne** (systematyczne) – niepodlegające kontroli podmiotu, którego dotyczy, i tym samym niemogące być przez ów podmiot wyeliminowane, np. nagła zmiana preferencji konsumentów, zmiana regulacji prawnych,

oraz **ryzyko zależne** (specyficzne) – podlegające przynajmniej częściowej kontroli podmiotu, którego dotyczy, i mogące być częściowo lub w całości wyeliminowane, np. problemy w dziedzinie motywacji pracowniczej, problemy z jakością technologiczną lub estetyką oferty.

Podstawą identyfikacji jest pełna, wiarygodna i terminowa informacja [39]. Identyfikacja ryzyka może być prowadzona zarówno na poziomie konkretnych działań organizacji (np. produkcja, zarządzanie kapitałem ludzkim), jak i na poziomie całej organizacji. W celu wyeliminowania subiektywizmu w podejmowanych decyzjach w toku identyfikacji ryzyka wykorzystuje się szereg narzędzi i technik diagnozy czynników ryzyka. Jedną ze współczesnych metod oceny ryzyka jest teoria zbiorów rozmytych (*fuzzy sets*).

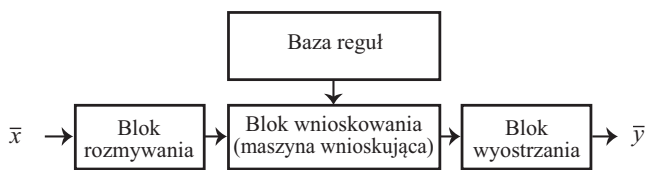
Zbiorem rozmytym (nieostry) nazywa się dowolną funkcję $U \rightarrow [0,1]$, gdzie U jest pewnym (skończonym lub nie) uniwersum elementów. W przypadku klasycznego

zbioru każdy element zostaje zaklasyfikowany jako należący do zbioru (wartość prawda, 1) lub nie należący do zbioru (fałsz, 0). W przypadku zbioru rozmytego przynależność do zbioru może być stopniowalna, częściowa – dopuszczalny jest stan z przedziału (0,1). Kluczowym elementem dobrego zdefiniowania zbioru rozmytego jest właściwe skonstruowanie opisującej go **funkcji przynależności**. Funkcja ta jest narzędziem do zakodowania wiedzy eksperta (jego percepcji danego zjawiska) [43]. Wyróżnia się trzy podstawowe typy funkcji przynależności:

- typu s** – modelująca pojęcia typu dużo, wiele, szybko (np. długi czas naprawy),
- typu z** – modelująca pojęcia typu mało, niewiele, wolno (np. krótki czas naprawy),
- trapezowa** – modelująca pojęcia około, średnio (np. średni czas naprawy) [6].

Dzięki funkcji przynależności zbiory rozmyte pozwalają na określenie **stopnia przynależności elementu do zbioru bądź klasy**, przy czym w zbiorach rozmytych nie ma ostrej granicy między elementami należącymi i nienależącymi do zbioru. Określa się zatem stopień przynależności elementu do zbioru (**liczbę z przedziału 0,1**).

Technikami budowy funkcji przynależności są między innymi: zdobycie wiedzy eksperckiej na



Rysunek 2. Schemat rozmytego systemu wnioskującego

Źródło: opracowano na podstawie [29]

drodze ankietowania lub eksperyment. Zgromadzone i przetworzone informacje umożliwiają przyspieszenie podejmowanych decyzji i automatyczne skracanie czasu przeszukiwania przestrzeni problemowej.

Stosowanie liczb rozmytych stanowi próbę matematycznego ujęcia nieostrości pojęć, która pozwala zamiast kategorii „dokładnie” posłużyć się kategorią „w przybliżeniu”. Wprowadza dyspersję jako dodatkowy element składający się na liczbę rozmytą. Rozróżnia się trzy zasadnicze przypadki:

- a) pełna przynależność elementu x do zbioru rozmytego, wtedy $A(X) = 1$,
- b) brak przynależności elementu do zbioru rozmytego, wtedy $A(X) = 0$,
- c) częściowa przynależność elementu do zbioru rozmytego, wtedy $0 < A(X) < 1$ [43].

Ważnym elementem przy modelowaniu pojęć nieprecyzyjnych jest **zmienna lingwistyczna**. Zmienna lingwistyczna stanowi główną jednostkę reprezentacji wiedzy w obszarze wnioskowania rozmytego. To wyrażone w języku naturalnym określenie pewnej wielkości (czas naprawy błędu, prawdopodobieństwo wystąpienia błędu, wzrost, ciśnienie, stężenie, prędkość). Wartość zmiennej lingwistycznej (zbior rozmyty) może być określona w sposób jakościowy (krótki czas naprawy, średni, przeciętny, długi, bardzo długi), stanowi pojęcie nieostre wobec mało precyzyjnie zdefiniowanych różnic między nimi. Zmienne lingwistyczne reprezentowane są w postaci rozmytych zdań warunkowych: **JEŻELI** α **jest** A **TO** β **jest** B , gdzie α, β są zmiennymi lingwistycznym, a A, B są odpowiednimi zbiorami rozmytymi reprezentującymi terminy lingwistyczne tych zmiennych [20, 25].

Logika rozmyta sprawia, że w procesie rozmywania każda reguła zostaje opatrzona pewną rozmytą wartością i musi potem być ponownie konwertowana na wartość rzeczywistą. Stosowanie zbiorów rozmytych umożliwia stworzenie **rozmytego modelu systemu wnioskującego** umożliwiającego uogólnienie posiadanych informacji (Rysunek 2). W literaturze dotyczącej systemów rozmytych wyróżnia się cztery podstawowe elementy struktury rozmytego systemu wnioskującego: bazę reguł (wiedzy), blok rozmywania, blok wnioskowania (agregacja + wnioskowanie lub wnioskowanie + agregacja) i blok wyostrzania [20, 25].

System sterowania logiką rozmytą operuje na zbiorach rozmytych. **Wartość X sygnału wejściowego sterownika rozmytego** podlega operacji

rozmywania (ang. *fuzzification*). Tymi wartościami zmiennych wejściowych (np. x_1 i x_2) mogą być wartości parametrów ryzyka: (P) **wartość prawdopodobieństwa zajścia zdarzenia** (zdarzenie nieprawdopodobne – P1, zdarzenie prawdopodobne – P2, zdarzenie bardzo prawdopodobne – P3) oraz (C) **wartość strat w wyniku zajścia niniejszych zdarzeń** (straty małe – C1, straty średnie – C2, straty duże – C3) (Tabela 1).

Tabela 1. Rozmyta charakterystyka parametrów: (P) prawdopodobieństwa zajścia zdarzeń oraz (C) wielkości strat w wyniku zajścia tych zdarzeń

Zbiór rozmyty	Opis lingwistyczny	Typ funkcji przynależności
P1	zdarzenie nieprawdopodobne	Typu Z
C1	straty małe	
P2	zdarzenie prawdopodobne	Trapezowa
C2	straty średnie	
P3	zdarzenie bardzo prawdopodobne	Typu S
C3	straty duże	

Źródło: opracowanie własne na podstawie [32]

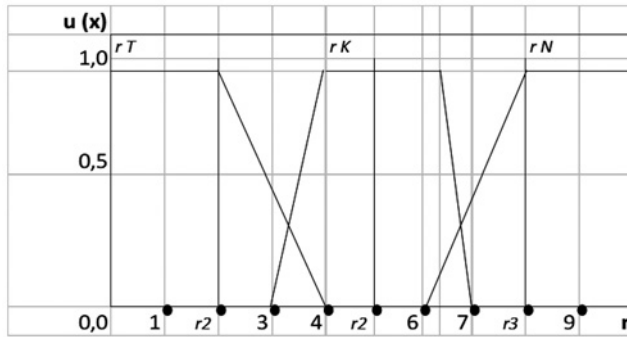
Baza reguł (wiedzy) takiego systemu to model lingwistyczny (model Mamdaniego), pozwalający na odwzorowanie wejścia modelu na wyjście poprzez zbiór rozmytych reguł warunkowych w postaci: **JEŻELI** $x_1 = P1$ $x_2 = C1$... $x_n = Pn$ $x_n = Cn$, **TO** $y = B$; gdzie x_1-x_n stanowią rozmyte zmienne wejściowe modelu, y – rozmytą zmienną wyjściową, P1-Pn, C1-Cn, B – wartości zmiennych lingwistycznych, które są utożsamiane ze zbiorami rozmytymi, odpowiednio dla wejść i dla wyjścia modelu (por. Tabela 2). Każdorazowo konieczne jest rozstrzygnięcie, czy liczba reguł jest wystarczająca, czy są one niesprzeczne oraz czy zachodzą interakcje pomiędzy poszczególnymi regułami.

W **bloku rozmywania** wartość X , zinterpretowana przez zmienne lingwistyczne, zostaje odwzorowana w zbiór rozmyty. Zbiór rozmyty jest wejściem **bloku wnioskowania**, w którym dochodzi

Tabela 2. Baza reguł służąca do analizy ryzyka

Nr reguły	Opis
1	jeżeli x_1 jest P1 i x_2 jest C1 to ryzyko jest tolerowane
2	jeżeli x_1 jest P1 i x_2 jest C2 to ryzyko jest tolerowane
3	jeżeli x_1 jest P1i x_2 jest C3 to ryzyko jest kontrolowane
4	jeżeli x_1 jest P2i x_2 jest C1 to ryzyko jest tolerowane
5	jeżeli x_1 jest P2 i x_2 jest C2 to ryzyko jest kontrolowane
6	jeżeli x_1 jest P2 i x_2 jest C3 to ryzyko jest nieakceptowane
7	jeżeli x_1 jest P3 i x_2 jest C1 to ryzyko jest kontrolowane
8	jeżeli x_1 jest P3 i x_2 jest C2 to ryzyko jest nieakceptowane
9	jeżeli x_1 jest P3 i x_2 jest C3 to ryzyko jest nieakceptowane

Źródło: opracowanie własne na podstawie [32]



Rysunek 3. Funkcja przynależności parametru ryzyka

Źródło: opracowano na podstawie [32]

do wnioskowania z wykorzystaniem **bazy reguł**, którego wynikiem jest zbiór decyzyjny. Następnie na wyjściu z bloku wnioskowania otrzymujemy N zbiorów rozmytych. Później w **bloku wyostrzenia** dochodzi do odwzorowania (wyostrzenia) ich w jedną wartość (ang. *defuzzification*) na **wektor parametrów wyjściowych Y** [29]. Proces wyostrzenia jest końcowym etapem modelu. Podaje określoną wartość ryzyka, w języku naturalnym (np. ryzyko tolerowane/akceptowane, kontrolowane/dopuszczalne, nieakceptowane) (Rysunek 3). Wartość ta wymaga jednakże odpowiedniej interpretacji, uwzględniającej specyfikę i uwarunkowania konkretnej sytuacji.

2.4. Analiza ryzyka

Analiza ma na celu szczegółowe zrozumienie zidentyfikowanego ryzyka [39]. Etap ten, dostarczając dane wejściowe do działań ewaluacyjnych, obejmuje ujawnienie źródeł ryzyka, jego konsekwencji oraz prawdopodobieństwa wystąpienia. Ustalenie stopnia przynależności analizowanego elementu do zbioru ryzyka tolerowanego (T), zbioru ryzyka kontrolowanego (K) lub zbioru ryzyka nieakceptowanego (N) umożliwia ocenę ryzyka wystąpienia określonego błędu i podjęcie decyzji, czy dana niezgodność kwalifikuje się do uznania jej jako zagrożenie, czy może mieści się ona w granicach normy akceptacji. Poziom ryzyka przyporządkowuje się do tzw. grup dopuszczalności, uwzględniając między innymi aspekty socjoekonomiczne lub wpływ ryzyka na środowisko [44].

Współcześnie na ogół dokonuje się również analizy następujących kategorii ryzyka: **ryzyko strategiczne/biznesowe** (związane z podejmowaniem decyzji długofalowych, **ryzyko finansowe** (ryzyko stopy procentowej, walutowe, kredytowe, płynności, prawne), **ryzyko operacyjne** (dotyczące: a) **celów procesów** – m.in. efektywność, wydajność, terminowość, parametry techniczne i estetyczne; b) **systemów** – awarie systemów i technologii, c) **ludzi** – kwalifikacje, motywacja i zaangażowanie pracownicze, respektowanie zasad bezpieczeństwa, d) **zdarzeń zewnętrznych** – siły natury, działania przestępcze) i **inne** (np. ryzyko inwestycyjne, ryzyko sukcesji, ryzyko utraty

reputacji – spowodowane niewłaściwym zarządzaniem sytuacją kryzysową lub pogorszeniem jakości oferty, ryzyko ekologiczne) [14].

Punktem wyjścia do zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie jest bez wątpienia zarządzanie ryzykiem finansowym, stanowiącym równocześnie filar wszelkich działań z dziedziny ryzyka braku zgodności, tzw. *compliance risk* (nieprzestrzeganie przepisów ustawowych, wewnętrznych zasad firmy, zasad etycznych) [33]. Analizie poddawane jest wzajemne oddziaływanie różnych elementów wywołujących ryzyko, często niezależnie od siebie zagrożających osiągnięciu strategicznych, taktycznych i operacyjnych planów przedsiębiorstwa. Ocena przyczyn wywołujących ryzyko wynika bowiem ze złożoności obszarów działania przedsiębiorstwa, a uzyskane w jej toku dane sprzyjają optymalizacji narzędzi wykorzystywanych w procesie zarządzania. Przy czym należy pamiętać, iż przyczyną ryzyka może być jednorazowe zdarzenie i wówczas próba oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia tego samego rodzaju ryzyka nosi znamiona swoiste go arbitralizmu [43].

2.5. Ewaluacja ryzyka

Ewaluacja ryzyka to ostatni etap oceny ryzyka. Wyniki przeprowadzonej analizy stanowią podstawę postępowania z występującym ryzykiem. Obejmuje ono porównanie zidentyfikowanego w procesie analizy ryzyka z przyjętymi uprzednio kryteriami. Kontroluje się, czy ryzyko mieści się w granicach akceptacji, czy jest poza tymi granicami. Jakikolwiek działania w tej materii wymagają oceny wiarygodności zgromadzonych informacji, rzetelności analizy, kosztów redukcji lub całkowitej eliminacji ryzyka i opłacalności całego przedsięwzięcia. Istotne jest również wzięcie pod uwagę akceptowanego poziomu ryzyka interesariuszy, wpływających na decyzje i działania całego przedsiębiorstwa [39].

2.6. Postępowanie z ryzykiem

Postępowanie z ryzykiem ma na celu wybór opcji wpływających na ryzyko. Opcje te mogą powodować:

- unikanie ryzyka poprzez decyzję o nierozpoczynaniu lub niekontynuowaniu działań powodujących ryzyko,
- podjęcie lub zwiększenie ryzyka w celu wykozystania szansy,
- usunięcie źródeł ryzyka,
- zmianę prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka,
- zmianę konsekwencji,
- dzielenie ryzyka z inną stroną lub stronami,
- utrzymanie ryzyka na podstawie świadomej decyzji [14].

Stosowanie określonych środków przeciwdziałania ryzyku generuje dodatkowe koszty związane z dążeniem do osiągnięcia wysokiego poziomu bezpieczeństwa. Koszty te obejmują, m.in.: koszt

utrąty dochodu wskutek niezrealizowanych transakcji, koszt ubezpieczenia, koszt zapewnienia jakości, koszt szkolenia pracowników, koszt pozyskania dodatkowych informacji (badanie rynku). Decyzje dotyczące rodzaju i zakresu podejmowanego ryzyka stanowią kluczowe determinanty konkurencyjności współczesnych przedsiębiorstw.

Podsumowanie

Dostarczenie oczekiwanego poziomu jakości uzależnione jest od sprawnego zarządzania ryzykiem przedsiębiorstwa. Ryzyko ze względu na wator niepewności ma zazwyczaj nieostry i rozmyty charakter. Ocena ryzyk wpływających na procesy przedsiębiorstwa wymaga coraz częściej obszernego zestawu opinii eksperckich. Ekspertki z danej dziedziny na podstawie zgromadzonej wiedzy i doświadczeń tworzą bazę subiektywnych ocen, poddawaną następnie rozmytemu modelowaniu ryzyka. Ogromną zaletą wykorzystania teorii zbiorów rozmytych do analizy ryzyka jest możliwość matematycznego opisu wielkości mających charakter nieprecyzyjny. Ta coraz bardziej popularna metoda obliczeniowa znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach. Niniejszy artykuł stanowi teoretyczne przedpole dla publikacji opisującej budowę modelu pojęciowego normalizującego kryteria oceny ryzyka dla procesu laminowania w stoczni jachtowej.

Bibliografia

- [1] Babuška Robert. 1998. Fuzzy modeling for control. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- [2] Bernstein Peter Lewyn. 1997. Przeciw bogom. Niezwykłe dzieje ryzyka. Warszawa: WIGPRESS.
- [3] Bojadziev George, Maria Bojadziev 1999. Fuzzy Logic for Business, Finance and Management. Singapore: World Scientific.
- [4] Brown Martin, Chris Harris. 1994. Neuro-fuzzy Adaptive Modelling and Control. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall PTR.
- [5] Czogała Ernest, Jacek Łęski. 2000. Fuzzy and Neuro-Fuzzy Intelligent Systems. Heidelberg: Physica-Verlag.
- [6] Czogała Ernest, Witold Perdrycz. 1985. Elementy i metody teorii zbiorów rozmytych Warszawa: PWN.
- [7] Driankov Dimiter, Hans Hellendoorn, Michael Reinfrank. 1996. Wprowadzenie do sterowania rozmytego. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- [8] Hirota Kaoru (red.) 1993. Industrial Applications of Fuzzy Technology. Heidelberg, New York: Springer-Verlag.
- [9] ISO IEC Guide 73:2002. Risk Management – Vocabulary – Guidelines for Use in Standards.
- [10] Jajuga Krzysztof. 2009. Zarządzanie ryzykiem. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [11] Kacprzyk Janusz. 2001. Wieloetapowe sterowanie rozmyte. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- [12] Kacprzyk Janusz. 1986. Zbiory rozmyte w analizie systemowej. Warszawa: PWN.
- [13] Kaczmarek Tadeusz Teofil. 2005. Ryzyko i zarządzanie ryzykiem. Ujęcie interdyscyplinarne. Warszawa: Difin.
- [14] Kasiewicz Stanisław, Waldemar Rogowski. 2006. „Ryzyko, a wzrost wartości przedsiębiorstwa”. *Kwartalnik Nauk o Przedsiębiorstwie* 1: 34–41.
- [15] Kopaliński Władysław. 1968. Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych. Warszawa: Wydawnictwo Wiedza Powszechna.
- [16] Kosko Bart. 1992. Neural Network and Fuzzy Systems. NJ: Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [17] Kościelny Jan M. 2001. Diagnostyka zautomatyzowanych procesów przemysłowych. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.
- [18] Kumpiałowska Agata. 2011. Skuteczne zarządzanie ryzykiem a kontrola zarządcza w sektorze publicznym. Warszawa: Wydawnictwo C.H. Beck.
- [19] Larsen Martin P. 1980. „Industrial applications of fuzzy logic control”. *International Journal of Man-Machine Studies*. 12(1): 3–10.
- [20] Łachwa Andrzej. 2001. Rozmyty świat zbiorów, liczb, relacji, faktów, reguł i decyzji. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.
- [21] Mendel Jerry M. 2001. Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions. London: Prentice Hall PTR.
- [22] Norma ISO 9001:2015, pkt 4.1 s. 10. 2015. Warszawa: PKN.
- [23] Norma PN-EN ISO 31000:2012 Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne. 2012. Warszawa: PKN.
- [24] Pawlak Marek. 1999. Algorytmy ewolucyjne jako narzędzie harmonogramowania produkcji. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [25] Pedrycz Witold, Fernando Gomide. 1998. An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design. A Bradford Book. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- [26] Piegat Andrzej. 1999. Modelowanie i sterowanie rozmyte. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT.
- [27] Risk Management Standard. 2003. Federation of European Risk Management Associations. Brussels.
- [28] Rutkowska Danuta, Maciej Piliński, Leszek Rutkowski. 1999. Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- [29] Rutkowski Leszek. 2012. Metody i techniki sztucznej inteligencji. Warszawa: Wydawnictwo PWN.
- [30] Takagi Tomohiro, Michio Sugeno. 1985. „Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control”. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 1: 116–132.
- [31] Tarełko Wiesław. 2011. Metodologia projektowania właściwości eksploatacyjnych złożonych obiektów technicznych. Gdynia-Radom: Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji.
- [32] Tchorzewska-Cieślak Barbara. 2011. „A Fuzzy Model for Failure Risk in Water-pipe Networks Analysis”. *Ochrona Środowiska* 33 (1): 35–40.
- [33] Wieteska Grażyna. 2017. „Zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw – kierunki zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie – cz. 1”. *Problemy Jakości* (10): 24–30.
- [34] Zadeh Lotfi A. 1965. „Fuzzy sets”. *Information and Control* 8: 338-353.
- [35] Zimmermann Hans. 1994. Fuzzy Set Theory. Boston, Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- [36] http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-3c1da1ca-82e5-4143-afd5-e2364a6b157e/c/KNUV_2_48_2016.35-48.pdf [dostęp:12.07.2018].
- [37] <https://hbr.org/1979/09/risk-analysis-in-capital-investment> [dostęp: 27.12.2018].
- [38] http://jmf.wzr.pl/pim/2012_3_1_41.pdf [dostęp: 27.12.2018].
- [39] https://www.cnbop.pl/wydawnictwa/ksiazki/zarządzanie_ryzykiem.pdf [dostęp: 23.07.2018].
- [40] http://www.mtbiznes.pl/doc/przeslanie_druckera_www.pdf [dostęp: 31.07.2018].
- [41] https://www.ptzp.org.pl/files/konferencje/kzz/artuk_pdf_2017/T2/t2_388.pdf [dostęp: 27.07.2018].
- [42] http://www.wneiz.pl/nauka_wneiz/frfu/56-2012/FRFU-56-549.pdf [dostęp: 28.12.2018].
- [43] http://www.wneiz.pl/nauka_wneiz/frfu/56-2012/FRFU-56-593.pdf [dostęp: 23.07.2018].
- [44] http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAR0-0057-0032/c/httpwww_bg_utp_edu_plartpe12011pe12011137147.pdf [dostęp: 22.02.2019].