

# KONCEPCJA BUDOWY SYSTEMU WSPOMAGAJĄCEGO OCENĘ RYZYKA REALIZACJI PROJEKTÓW LOGISTYCZNYCH Z ZASTOSOWANIEM INDUKCYJNEGO MECHANIZMU POZYSKIWANIA WIEDZY

Ryszard SERAFIN, Ryszard KNOSALA

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia koncepcję budowy systemu wspomagającego szacowanie ryzyka realizacji projektów logistycznych z zastosowaniem indukcyjnego mechanizmu pozyskiwania wiedzy. Pierwszy etap będzie miał na celu identyfikację grup ryzyka oraz czynników, które wpływają na jego powstawanie. Kolejny etap to zgromadzenie danych w bazie, która następnie posłuży jako źródło do dalszej analizy za pomocą mechanizmu indukcji drzew decyzyjnych. W dalszym etapie, na podstawie drzewa decyzyjnego, będzie można wygenerować reguły decyzyjne, które będą zaimplementowane w systemie wspomagającym ocenę ryzyka projektów.

**Słowa kluczowe:** projekt logistyczny, prawdopodobieństwo ryzyka, pozyskiwanie wiedzy, indukcja drzew decyzyjnych, entropia, system ekspertowy.

## 1. Wstęp

W praktyce realizacja projektu obarczona jest zawsze pewnym ryzykiem niepowodzenia. Ryzyko jakim obarczone są poszczególne etapy projektu mają mniejszy lub większy wpływ na całość przedsięwzięcia i tym samym na ostateczny termin realizacji. Odpowiednia identyfikacja zagrożeń dla podstawowych parametrów projektu wpływa na możliwość reakcji i stworzenie odpowiednich rezerw w: czasie, zasobach i środkach finansowych. Może też stanowić podstawę do eliminacji działań ryzykownych.

Istnieje jednak wiele zagrożeń, na które nie mamy bezpośredniego wpływu ponieważ jest to zależne np. od zmiennych warunków gospodarczych czy makroekonomicznych. W tej sytuacji można jedynie łagodzić ich skutki.

Analizując czynniki ryzyka należy określić grupy czynników, które wpływają na postęp projektu (rys. 1). W przypadku projektów logistycznych można zidentyfikować takie grupy, jak: ryzyko operacyjne, ryzyko polityczne, ryzyko rynkowe, finansowe, ryzyko współpracy z kontrahentami, warunki atmosferyczne i inne związane ze specyfiką projektu.

Docelowo dążymy zawsze do minimalizacji ryzyka. Można wyróżnić kilka sposobów zmniejszania ryzyka w projekcie:

- zaniechania działań ryzykownych,
- podział zadań projektu na mniejsze części, zadania duże dzielimy na mniejsze,
- stosowanie przetestowanych już i sprawdzonych rozwiązań,
- minimalizacja ryzyka finansowego przez odpowiednie przygotowanie umowy,
- zawarcie kontraktów na poszczególne etapy projektu,
- zabezpieczenia na wypadek zerwania kontraktu,
- zabezpieczenia w sytuacji zmian wprowadzanych w czasie realizacji projektu,
- zapewnienie systemu komunikacji informującego o zagrożeniach.

Analizując ryzyko projektów logistycznych można wyodrębnić i usystematyzować pewną wiedzę, która może zostać zapisana w sformalizowanej formie, a następnie przetworzona przez indukcyjny mechanizm pozyskiwania wiedzy. Efektem działania takiego mechanizmu jest drzewo decyzyjne stanowiące podstawę do zapisu reguł. Wiedza, którą wygeneruje system zapisana jest w postaci reguł decyzyjnych, które następnie są zapisywane w bazach wiedzy bądź w samym systemie ekspertowym [7,8].

## 2. Ryzyko realizacji projektów logistycznych – techniki i narzędzia

Projekty, przedsięwzięcia, charakteryzujące się pewną specyfiką w zależności od przeznaczenia powodują, że niepewność, a więc także ryzyko jest ich nieodłączną częścią. Poziom tej niepewności zależy oczywiście od charakteru projektu. Ryzyka projektu nie można wyeliminować całkowicie ponieważ zawsze istnieje prawdopodobieństwo jakiegoś zdarzenia mającego wpływ na realizację.

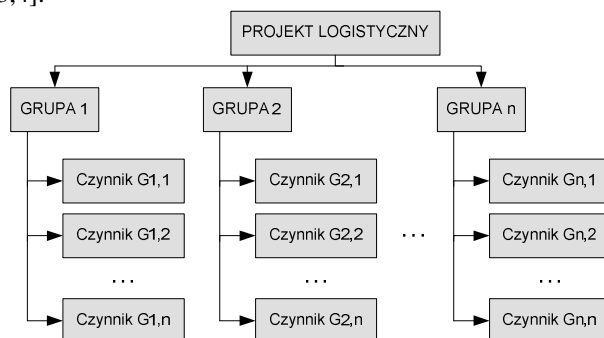
Ryzyko jest szeroko opisywane w literaturze i oznacza, w języku naturalnym, miarę, ocenę zagrożenia lub niebezpieczeństwa wynikającego z prawdopodobnych zdarzeń, na które nie mamy wpływu, lub też z konsekwencji podjętych wcześniej decyzji.

Uogólniając, ryzyko jest pewnym wskaźnikiem zdarzenia, które może prowadzić do niepożądanych konsekwencji. Ryzyko jest proporcjonalne do prawdopodobieństwa wystąpienia tego zdarzenia i do wielkości strat, które mogą być efektem wystąpienia.

W zarządzaniu projektami ryzyko oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia nieoczekiwanych okoliczności o negatywnym wpływie na projekt. Zarządzanie takie wymaga od kadry kierowniczej identyfikacji ryzyka oraz przygotowania decyzji i planów mających na celu działania minimalizujące ewentualne skutki wystąpienia zdarzenia w projekcie lub eliminujące w ogóle zaistnienie takiego zdarzenia.

Przez pojęcie zarządzania projektem rozumiany jest zbiór czynności wykonywanych w celu osiągnięcia wyznaczonych założeń głównych i pośrednich w określonym z góry czasie. Zawiera się w nim między innymi planowanie, harmonogramowanie, realizacja i kontrola zadań potrzebnych do osiągnięcia założeń projektu. Inaczej mówiąc, zarządzanie projektem jest dziedziną zajmującą się skutecznym osiąganiem celów projektów przy jednoczesnej minimalizacji wpływu występujących ograniczeń i ryzyka. Jest również dziedziną zajmującą się budowaniem motywacji pracowników zespołu projektowego i właściwą komunikacją pomiędzy uczestnikami projektu.

Można również nadmienić, że jedną ze składowych zarządzania projektem jest praktyczna wiedza o metodach eliminowania ryzyka porażki na poziomie całego cyklu życia projektu [1,3,4].



Rys. 1. Schemat grup ryzyka i czynników występujących w projekcie logistycznym

Jednym z narzędzi wykorzystywanym do zarządzania ryzykiem w projektach jest rejestr ryzyka, zwany również kartą informacyjną ryzyka lub arkuszem kontroli ryzyka. Główną ideą prowadzenia rejestru ryzyka jest gromadzenie wyników na temat:

- szans i zagrożeń w realizowanym projekcie,
- ich wpływu na realizację projektu,
- prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia,
- proponowanych reakcji na zdarzenie.

Rejestr ryzyka najczęściej jest przedstawiony w formie tabeli, w której gromadzone są informacje na temat zidentyfikowanych wystąpień zdarzeń ryzyka i wszelkich związanych z nim informacji [5,6]. Przykładowy rejestr przedstawiony jest w tabeli 1.

Tab. 1. Przykładowy rejestr ryzyka w formie tabelarycznej

Nr	Wystąpienie zdarzenia	Skutek zdarzenia	Prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia	Wpływ na projekt	Reakcja na zdarzenie	Działania zapobiegawcze
1	Zdarzenie 1	Skutek 1	{ BM, M, Ś, D, BD }	{ M, Ś, D }	Czynność 1	Działanie 1
2	Zdarzenie 2	Skutek 2	{ BM, M, Ś, D, BD }	{ M, Ś, D }	Czynność 2	Działanie 2
3	Zdarzenie 3	Skutek 3	{ BM, M, Ś, D, BD }	{ M, Ś, D }	Czynność 3	Działanie 3
...	...	...	...	...	...	...
n	Zdarzenie n	Skutek n	{ BM, M, Ś, D, BD }	{ M, Ś, D }	Czynność n	Działanie n

Legenda: BM-bardzo małe, M-małe, Ś-średnie, D-duże, BD-bardzo duże

Jedną z metod wspomagania zarządzania ryzykiem jest macierz ryzyka. Po identyfikacji zagrożeń można przystąpić do analizy [2]. W trakcie analizy każdemu zdarzeniu przyporządkowywane są dwa skwantyfikowane parametry, czyli „Prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia” i „Wpływ na projekt”. Pozwala to na zestawienie wszystkich ryzyk w odpowiedniej macierzy, przedstawionej w tabeli 2.

Tab. 2. Macierz ryzyka

Prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia	Zagrożenia / Szanse				
<b>BD</b>					
<b>D</b>					
<b>Ś</b>					
<b>M</b>					
<b>BM</b>					
<b>Wpływ</b>	<b>BM</b>	<b>M</b>	<b>Ś</b>	<b>D</b>	<b>BD</b>

Legenda: BM-bardzo małe, M-małe, Ś-średnie, D-duże, BD-bardzo duże

W macierzy ryzyka można wyróżnić z prawej strony obszar, w którym zdarzenia mają największy wpływ na realizację projektu. Ta granica jest oczywiście ustalana indywidualnie dla każdego projektu.

### 3. Koncepcja budowy systemu wspomagającego szacowanie ryzyka w projektach

W niniejszym rozdziale została opisana koncepcja budowy systemu wspomagającego szacowanie ryzyka w projektach. Rozwój inżynierii wiedzy daje ogromne możliwości w konstruowaniu systemów zastępujących ekspertów w danej dziedzinie. Systemy ekspertowe imitują człowieka - eksperta w różnych dziedzinach wiedzy. Systemy te zaczęły powstawać w wielu dziedzinach nauki i są rozwijane i wykorzystywane do dnia

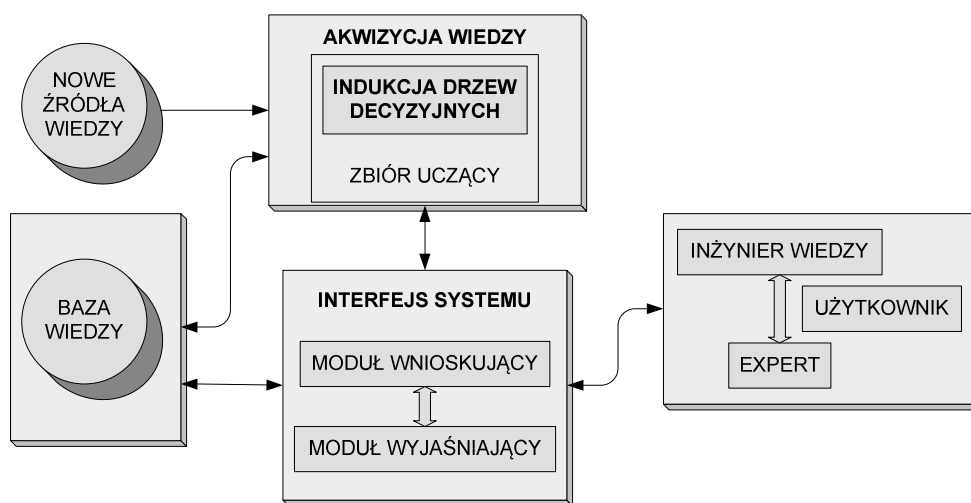
dzisiejszego. Wzrastająca złożoność podejmowanych decyzji i problemów do rozwiązania wymaga stosowania coraz bardziej inteligentnych systemów komputerowych wykorzystujących coraz większą moc obliczeniową do przetwarzania wiedzy zawartej w bazach. Związane jest to z budową baz wiedzy, które mogą przechowywać duże liczby reguł i faktów. Przyjmuje się, że systemy ekspertowe są małe jeśli zawierają do 300 reguł, średnie do 2000 reguł i duże powyżej 2000 reguł.

Aspekty budowy i korzyści wynikające z wykorzystania inteligentnego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji zauważane są przez wielu naukowców z różnych dziedzin np.: automatyki, matematyki, inżynierii przemysłowej, filozofii, pedagogiki, psychologii.

Systemy ekspertowe najogólniej możemy podzielić na trzy grupy:

- doradcze; wspomagają podjęcie decyzji,
- sterujące; podejmują decyzję,
- krytykujące; analizują i interpretują rozwiązania.

Budowa takiego systemu oparta jest na zastosowaniu bardzo efektywnej metody pozyskiwania wiedzy opartej na indukcji drzew decyzyjnych opracowanej przez Quinlana [8]. Sam proces pozyskiwania wiedzy jest bardzo istotny ze względu na konieczność budowy bazy wiedzy, która będzie zweryfikowana pod względem jej zupełności, niesprzeczności i wyeliminowania nadmiarowości informacji zawartych w bazie [10]. Obecnie trwają prace nad budową takiego systemu ekspertowego, który będzie miał na celu oszacowanie wartości ryzyka realizowanego projektu logistycznego. Koncepcja systemu ekspertowego z wykorzystaniem metody pozyskiwania wiedzy (indukcji drzew decyzyjnych) przedstawiona jest na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat architektury systemu ekspertowego z zastosowaniem metody indukcji drzew decyzyjnych

Cały proces konstruowania systemu ekspertowego należy do zagadnień inżynierii wiedzy. Dotyczy to również metodologii i narzędzi wykorzystywanych do budowy systemów ekspertowych. Inżynieria wiedzy zajmuje się min.:

- pozyskiwaniem wiedzy od ekspertów w danej dziedzinie i jej strukturalizacją,

- wyborem odpowiednich metod wnioskowania dla określonych problemów i wyjaśnianiem rozwiązania,
- budowy odpowiednich modułów umożliwiających komunikację między systemem a użytkownikiem.

Założeniami budowy systemu ekspertowego są:

- możliwość analizowania problemu na podstawie reguł,
- wybieranie niezbędnych faktów zapisanych w bazie wiedzy do analizy,
- wyjaśnianie użytkownikowi sposobu analizy danego problemu.

### 3.1. Charakterystyka modułów projektowanego systemu

Baza wiedzy w systemie zawiera informacje i całą wiedzę niezbędną do rozwiązania określonego problemu zadanego przez użytkownika systemu. Są to reguły i fakty zapisane w bazie w określonym języku reprezentacji wiedzy. Fakty w bazie wiedzy określają związki między pewnymi obiektami i mogą charakteryzować się różnymi cechami. Reguły natomiast występują w większości systemów ekspertowych i mają postać:

*IF warunek THEN konkluzja*

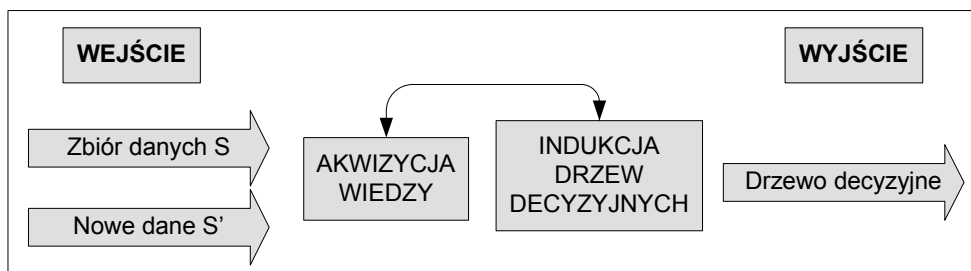
Bardzo istotną sprawą dla projektowanego systemu jest implementacja jak najszerszej wiedzy, ponieważ jakość systemu ekspertowego w zdecydowanie większej mierze zależy od wiedzy jaką zawiera system (baza wiedzy), a nie od procesu wnioskowania systemu ekspertowego. Pozyskiwana wiedza dla opracowywanego systemu musi być odpowiednio ustrukturalizowana, a następnie przetwarzana w systemie dla osiągnięcia założonego celu.

Kolejnym elementem całego systemu jest moduł wnioskujący. Pozwala on na podstawie wiedzy zgromadzonej w bazie wiedzy rozwiązać problem stosując zaimplementowane w sobie procedury wnioskowania. W procesie wnioskowania sprawdzane są przesłanki reguł i podejmowane są akcje związane z konkluzjami. Wnioskowanie jest bardzo często wykonywane w systemie z zachowaniem zasad logiki formalnej (modus ponens):

$$\frac{(P \Rightarrow Q), P}{Q}$$

W systemie będzie również zaprojektowany moduł objaśniający. Moduł nie tylko będzie przedstawiał wynik wnioskowania, ale również będzie pokazany cały proces wnioskowania do momentu wyciągnięcia przez system konkluzji. Pozwoli to uwiarygodnić poprawność działania systemu jak również pozwoli ewentualnie zdiagnozować gdzie występuje potrzeba skorygowania zawartości bazy wiedzy.

Moduł akwizycji wiedzy będzie z kolei odpowiedzialny za proces pozyskiwania i aktualizacji wiedzy zapisywanej w bazie wiedzy. W module tym będą zaimplementowane procedury wspomagające nabywanie nowej wiedzy (rys. 3). Szczegółowo to zagadnienie zostało opisane w kolejnym rozdziale.



Rys. 3. Idea działania modułu akwizycji wiedzy

Przejrzysty interfejs obsługi systemu pozwoli na komunikację użytkownika oraz inżyniera wiedzy z systemem.

#### 4. Indukcyjny mechanizm pozyskiwania wiedzy jako część systemu

Drzewo decyzyjne ma strukturę drzewiastą, której każdy węzeł odpowiada wynikowi testu na wartości jednego atrybutu, z kolei każdy liść zawiera decyzję.

Budowanie drzew decyzyjnych wykonywane jest poprzez rekurencyjny podział zbioru danych do momentu, aż każdy podzbiór będzie zawierał elementy jednej klasy decyzji. Wierzchołek drzewa nazywany jest korzeniem, a każdy kolejny węzeł w drzewie jest odpowiedzialny za pewien test wartości atrybutu. Przeprowadzenie testu wskazuje na krawędź drzewa do kolejnego węzła. Na końcu drzewa decyzyjnego znajdują się liście zawierające decyzje.

Utworzone w ten sposób drzewo decyzyjne można nazwać modelem wiedzy, który objaśnia struktury wiedzy ukrytej w zbiorze danych. Zbiór ten nazywa się zbiorem uczącym. Z kolei jakość otrzymanego drzewa decyzyjnego testuje się poprzez analizę przypadków zawartych w zbiorze testującym.

Indukcję drzew decyzyjnych stosuje się głównie do klasyfikacji obiektów, a wygenerowana wiedza, poprzez działanie systemu ekspertowego, wspomaga podjęcie decyzji.

Głównym problemem przy budowie drzewa decyzyjnego jest określenie kryterium, które umożliwi wybór atrybutu, który będzie korzeniem drzewa. Do tego celu została zastosowana tzw. entropia [9,10]:

$$Entropy(S) = - \sum_{i=1}^{|S|} \frac{|S_i|}{|S|} \cdot \log_2 \left( \frac{|S_i|}{|S|} \right) \quad (1)$$

gdzie:  $S$  – zbiór przykładów uczących,  
 $|S_i|$  - liczba przykładów opisujących  $i$ -ty obiekt,  
 $|S|$  - liczba przykładów w zbiorze uczącym  $S$ .

Oczekiwana wartość informacji po podziale zbioru przykładów  $S$  na podzbiory  $S_v$ , dla których atrybut  $A$  przyjmuje wartość  $v$ , przedstawiona jest wzorem:

$$Gain(S, A) = Entropy(S) - \sum_{v \in A} \frac{|S_v|}{|S|} \cdot Entropy(S_v) \quad (2)$$

gdzie:  $v$  - wszystkie możliwe wartości atrybutu  $A$ ,  
 $S_v$  - podzbiór  $S$  dla, których atrybut  $A$  przyjmuje wartość  $v$ ,  
 $|S_v|$  - liczba przykładów w zbiorze  $S_v$ ,  
 $|S|$  - liczba przykładów w zbiorze uczącym  $S$ .

Natomiast atrybut, który będzie przypisany do tworzonego węzła drzewa wybiera się taki, który maksymalizuje przyrost informacji w węźle.

Uogólniony algorytm indukcji drzewa decyzyjnego przedstawia się następująco:

1. *Obliczyć entropię dla każdego atrybutu*
2. *Wybrać atrybut  $A$  z najniższą entropią*
3. *Podzielić zbiór przykładów uczących ze względu na wartość atrybutu  $A$  na podzbiory*
4. *Dodaj do drzewa krawędzie z warunkami: if  $A=v_1$  then subtree(1); if  $A=v_2$  then subtree(2)*
5. *Dla każdego poddrzewa wykonaj kroki od 1*
6. *W każdej iteracji jeden atrybut jest usuwany*
7. *Warunek końca jest spełniony gdy wszystkie atrybuty zostaną przeanalizowane*

Powyższy uogólniony algorytm zostanie zaimplementowany w kodzie, w którym powstanie system. Przygotowany zbiór uczący, na podstawie którego będzie dokonana indukcja drzewa decyzyjnego przedstawiona jest w tabeli 3.

Tab. 3. Zbiór przykładów uczących

Nr	Wystąpienie zdarzenia	Skutek zdarzenia	Prawdopodobieństwo ryzyka	Wpływ ryzyka	Poziom ryzyka
1					
2					
...	...	...	...	...	...
n					

## 5. Podsumowanie

Indukcja drzew decyzyjnych pozwala na zapisanie wiedzy uzyskanej w wyniku zastosowania metod akwizycji danych i przedstawienie jej w postaci modelu drzewa decyzyjnego, stanowiącego model wiedzy. Na podstawie drzewa system utworzy reguły decyzyjne, które stanowią uogólnienie wiedzy i posłużą do klasyfikacji nowych danych.

Zestawy reguł otrzymywane w wyniku indukcji drzew zapisane będą w bazach wiedzy

systemu ekspertowego i wykorzystane do oceny ryzyka realizowanych projektów logistycznych.

Założeniem opracowywanego systemu jest wsparcie kierowników projektów logistycznych w procesie podejmowania decyzji w warunkach niepewności co do spełnienia wymogów operacyjnych i osiągnięcia celu projektu. Podjęcie decyzji będzie wspomagane przez system poprzez określenie stopnia ryzyka w zadanych warunkach wejściowych.

Na podstawie wypełnionych rejestrów ryzyka, tworzona jest macierz ryzyka, która będzie podstawą do przygotowania zbioru przykładów uczących dla opisanego w rozdziale 4 indukcyjnego mechanizmu pozyskiwania wiedzy. Zbiór ten pozwoli wygenerować drzewo decyzyjne, które będzie poddane dalszej analizie i przyczyni się do powstania reguł. Reguły te pozwolą na budowę bazy wiedzy dla systemu ekspertowego, dedykowanego ocenie ryzyka realizacji projektów logistycznych.

## Literatura

1. Chapman C.B., Ward S.C.: *Project Risk Management: Processes, Techniques and Insights*. Wiley, 1997.
2. Cooper D.F., Grey S., Raymond G., Walker P.: *Project risk management guidelines. Managing risk in large projects and complex procurements*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2005.
3. Mark W., Cohen P.E., Glen R.P.: *Project Risk Identification and Management*. AACE International Transaction, INT.01.1-5, 2004.
4. Mojtahedi S.M.H., Mousavi S.M., Makui A.: *Project risk identification and assessment simultaneously using Multi-attribute group decision making technique*. *Safety Science*, 2010, 48, pp. 499-507.
5. Nieto-Morote A., Ruz-Vila F.: *A fuzzy approach to construction project risk assessment*. *International Journal of Project Management*, 2011, 29, pp. 220-231.
6. Pisz I.: *Applying fuzzy logic and soft logic to logistics projects model ling, Modeling of modern logistics enterprises*. MONOGRAPH, M. Fertsch, K. Grzybowska, A. Stachowiak (eds.), Publishing House of Poznan University of Technology, Poznań 2009, pp. 201-210.
7. Serafin R., Łapuńska I.: *The concept of project risk assessment with the use of inductive knowledge acquisition system*. *International Masaryk Conference for Ph.D. Students and Young Researchers 2011*, Hradec Kralove: MAGNANIMITAS, Vol. II, 2011.
8. Quinlan J. R.: *Induction of Decision Trees*. *Machine Learning*, 1986, 1, pp. 81-106.
9. Quinlan J. R.: *C4.5: Program for Machine Learning*. Morgan Kaufmann, 1993.
10. Quinlan J. R.: *Improved use of continues attributes in C4.5*. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 1996, 4, pp. 77-90.

Prof. dr hab. inż. Ryszard KNOSALA  
Mgr inż. Ryszard SERAFIN  
Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów  
Politechnika Opolska  
45-370 Opole, ul. Ozimska 75  
tel./fax.: (0-77) 423 40 31  
e-mail: r.knosala@po.opole.pl  
r.serafin@po.opole.pl