

**WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA**



**ANALIZA SYSTEMOWA
W FINANSACH I ZARZĄDZANIU**

Wybrane problemy

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

**WYŻSZA SZKOŁA
INFORMATYKI STOSOWANEJ
I ZARZĄDZANIA**

**ANALIZA SYSTEMOWA
W FINANSACH I ZARZĄDZANIU
Wybrane problemy**

Pod redakcją
Jerzego HOŁUBCA

Warszawa 1999

Wykaz opiniodawców artykułów zamieszczonych w tomie:

prof. dr hab. Jerzy **HOLUBIEC**

prof. dr hab. Janusz **KACPRZYK**

prof. dr hab. Tadeusz **NOWICKI**

prof. dr hab. Stanisław **PIASECKI**

prof. dr hab. Piotr **SZCZEPANIAK**

prof. dr hab. Tadeusz **TRZASKALIK**

doc. dr hab. Sławomir **WIERZCHOŃ**

doc. dr hab. Leszek **ZAREMBA**

© **Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania**

Warszawa 1999

ISBN 83-85847-24-3

Przedmowa

Na niniejszą publikację składa się zbiór prac doktorantów Zaocznych Studiów Doktoranckich "Informatyka w zarządzaniu i finansach" działających przy *Instytucie Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk*.

Prace te były referowane na konferencji BOS'98 "Rozwój średnich i małych miast w XXI wieku w Polsce: Rola badań operacyjnych i systemowych", Kutno, 8-10 czerwca 1998 r.¹, a także na seminariach Studiów Doktoranckich "Informatyka w zarządzaniu i finansach". Nad stroną merytoryczną publikacji czuwał Pan Prof. dr hab. Jerzy Hołubiec oraz grono recenzentów i opiekunów naukowych doktorantów.

Prace dotyczą głównie problemów analizy systemowej oraz jej zastosowań w dziedzinie finansów, a zwłaszcza - teorii portfela, obligacji i problemów inwestycyjnych. Niektóre prace przy analizie finansowej posługują się tzw. algorytmami genetycznymi i sieciami neuronowymi, a także modelowaniem rozmytym i strukturami fraktalnymi. Część prac dotyczy zarządzania i sterowania produkcją.

Wypada zauważyć, iż doktoranci Studiów atakują w swych pracach tematy nowoczesne i znajdujące się w obszarze tzw. frontu badawczego analizy systemów. Wypada im życzyć sukcesów i wytrwałości w pracy, która winna zakończyć się obronioną pracą doktorską.

¹ Głównymi organizatorami konferencji było Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych oraz Instytut Badań Systemowych PAN.

Wypada także zaznaczyć, iż wydanie niniejszej publikacji stało się możliwe dzięki wsparciu finansowemu ze strony **Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania**, działającej w ramach Fundacji Krzewienia Nauk Systemowych. Fundacja ta została założona w 1991 roku z inicjatywy Prof. L. Kuźnickiego, wówczas Sekretarza Naukowego Polskiej Akademii Nauk. Do zadań Fundacji należy, między innymi, wspieranie i promocja prac młodych pracowników nauki, a zwłaszcza prac doktorantów.

Mamy nadzieję, iż publikacja niniejsza zostanie życzliwie przyjęta przez specjalistów działających w obszarze nauk systemowych.

Rektor WSISiZ
Prof. Roman Kulikowski

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD POZYSKIWANIA WIEDZY Z BAZ DANYCH

Józef Ryszard WIETESKA
Zaoczne Studia Doktoranckie IBS PAN

1. Uwagi wstępne

W ostatnim czasie znacznie wzrosło zainteresowanie problematyką odkrywania i pozyskiwania z danych, zgromadzonych w komputerowych bazach, niewykorzystywanych wcześniej a potencjalnie użytecznych informacji o opisywanych zjawiskach (problemach). Zainteresowanie to jest rezultatem rosnącej szybko liczby komputerowych baz oraz ogromnego przyrostu ilości danych w nich zawartych.

W systemach informatycznych wielu instytucji zgromadzona jest duża ilość danych, z których użyteczna wiedza jest wydobywana (pozyskiwana). Zauważyć należy, że o ile aktualny rozwój technologii pozwala w łatwy sposób gromadzić duże ilości danych to ich analiza jest już na ogół czasochłonna i kosztowna. W masie danych nie analizowanych bądź niedostatecznie przeanalizowanych mogą pozostać nadal ukryte informacje istotne z punktu widzenia potrzeb użytkownika bazy (*nuggets of useful information*).

Okazuje się, że stosowane narzędzia, które służyły dotąd do uzyskiwania informacji z tych baz (np. język zapytań SQL), stają się niewystarczające. Uzyskane za ich pomocą informacje zagregowane są w stopniu niewystarczającym do postulowanych przez użytkowników potrzeb i na ogół wymagają dalszych, niejednokrotnie czasochłonnych i kosztownych, analiz.

Okazuje się, że postulowane związki i prawidłowości występujące w zgromadzonych danych mają różnorodną postać, na ogół jednak występują jako:

- reguły i związki relacyjne oraz funkcyjne (asocjacje);
- związki przyczynowo-skutkowe (sekwencje);
- klasy (zbiory) obiektów podobnych (struktury).

Odkrywanie wiedzy w bazach danych (*Knowledge discovery in databases - KDD*) jest procesem złożonym, który za pomocą opracowanych metod eksploracji danych (*Data mining - DM*) ma wspomóc znajdowanie użytecznych informacji w dużych zbiorach danych. Odkrywana w tych zbiorach wiedza może przybierać postać:

- reguł (*rules*) opisywanych przez zgromadzone dane;
- wzorców występujących licznie w danych (*frequently occurring patterns*);
- klas (grup) obiektów podobnych (*clusterings of the objects*).

W toku przeprowadzanej analizy dane przekształcane są w użyteczne informacje, które dostarczają użytkownikowi wiedzy potrzebnej do podejmowania decyzji. Z tego też powodu Data Mining i Knowledge Discovery in Databases w latach 90-tych stanowią widoczny i bardzo perspektywiczny obszar badań.

Jak wspomniano powyżej, podstawowym celem procesu KDD jest pozyskanie użytecznej wiedzy zawartej w dużych zbiorach danych. Takie zadanie z natury rzeczy bywa najczęściej procesem interaktywnym i iteracyjnym. Użytkownik bazy danych nie powinien oczekiwać, że uzyska użyteczną dla jego potrzeb wiedzę poprzez samo zgromadzenie dużej ilości danych. W celu racjonalnego wykorzystania zgromadzanych danych użytkownik systemu KDD powinien charakteryzować się aktywnym podejściem do realizowanych przedsięwzięć z obszaru KDD i DM, a także posiadać należyte przygotowanie merytoryczne z obszaru dziedziny charakteryzowanej przez zgromadzone dane (znać dobrze ich właściwości; przede wszystkim powi-

nien posiadać zdolność interpretowania odkrytych reguł, wzorców i klas obiektów).

Dlatego systemy KDD należy widzieć przede wszystkim jako interakcyjne narzędzia wspomagające procesy analizy, wnioskowania i podejmowania decyzji a nie tylko jako systemy analizy i wnioskowania realizowane w pełni automatycznie.

Odkrywanie wiedzy zawartej w danych jest procesem zawierającym następujące etapy:

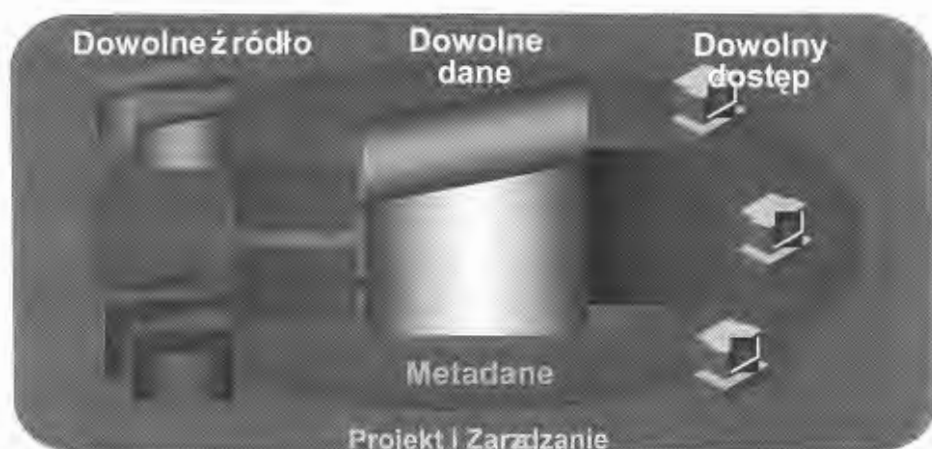
1. poznanie istoty (zrozumienie) dziedziny, którą opisują dane;
2. wybór i przygotowanie zbioru (podzbioru) danych do analizy;
3. poszukiwanie ukrytych w danych wzorców i reguł (eksploracja danych);
4. opracowanie odkrytych związków;
5. zastosowanie otrzymanych rezultatów.

Po zrealizowaniu sekwencji powyższych etapów i po analizie otrzymanych rezultatów okazać się może, że konieczny jest powrót do któregoś z etapów bądź powtórzenie sekwencji z rozszerzonym (zmodyfikowanym) zakresem danych.

W ostatnich latach coraz częściej w rozwiązaniach komercyjnych systemów baz danych stosuje się koncepcje hurtowni danych (*the concepts of data warehousing*) oraz bezpośredniego przetwarzania analitycznego (*on-line analytical processing – OLAP*).

Czym jest hurtownia danych? Różni się ona od tradycyjnych systemów raportowania w dwóch aspektach. Po pierwsze daje użytkownikowi bezpośredni dostęp do danych korporacyjnych za pośrednictwem potężnych narzędzi do zadawania pytań i tworzenia raportów. Po drugie, wymaga stworzenia oddzielnej bazy danych przerna-

czonej do wspierania procesów podejmowania decyzji, uzyskanej z połączenia danych z wielu systemów operacyjnych i różnych źródeł zewnętrznych. Podstawą operacji do wspierania procesu podejmowania decyzji jest analiza wielowymiarowa. W modelu takim, specjalizowana baza danych jawi się nam jako wielowymiarowa kostka lub hipersześcian. Pozwala ona użytkownikom na analizę danych wzdłuż różnych wymiarów kostki np. takich jak produkt, czas czy obszar geograficzny. Użytkownicy mogą eksplorować bazę po zagregowanych danych aż po szczegóły dotyczące poszczególnych transakcji czy operacji. Ogólną koncepcję hurtowni danych i OLAP przedstawił rysunek nr 1.



Rys. 1. Ogólna koncepcja hurtowni danych.

Powstanie hurtowni danych przyczynia się to do rozwoju metod KDD i DM ponieważ postrzegane one są jako racjonalne metody realizowania celów stawianych przed hurtowniami danych i OLAP.

2. Reguły skojarzone w zbiorach danych

Liczne zadania z zakresu eksploracji danych związane są z tzw problemem poszukiwania reguł skojarzonych, istotnych z punktu wi-

dzenia użytkownika bazy i często występujących w zgromadzonych danych. Zdefiniujmy powyższy problem formalnie.

Niech zbiór $\mathbf{O} = \{o_1, o_2, \dots, o_n, \dots, o_N\}$ będzie zbiorem rozpatrywanych obiektów, natomiast zbiór $\mathbf{A} = \{a_1, a_2, \dots, a_m, \dots, a_m\}$ niech będzie zbiorem atrybutów (właściwości) obiekty te charakteryzujących. Zakładamy, że każdy obiekt o_n może dany atrybut a_m posiadać lub nie, zatem właściwości dowolnego obiektu o_n w pełni charakteryzowane są przez binarny wektor $\mathbf{w}_n = (w_{n1}, w_{n2}, \dots, w_{nm}, \dots, w_{nM})$; $w_{nm} \in \{0,1\}$, gdzie w_{nm} oznacza wartość m-tego atrybutu n-tego obiektu.

Zbiór \mathbf{O} , w zakresie właściwości zawartych w nim obiektów, możemy opisać jako binarną tablicę o N wierszach i M kolumnach. W celu ilustracji rozpatrzmy zbiór \mathbf{O} ($N=3$) obiektów, będących systemami informatycznymi.

Określmy \mathbf{A} ($M=10$) jako zbiór następujących własności (atrybutów):

{ sprzęt zakupiony w firmie nr 1; sprzęt zakupiony w firmie nr 2; oprogramowanie wykonane przez firmę A&B; oprogramowanie wykonane przez firmę M&B; system eksploatowany przez firmę X; system eksploatowany przez firmę Y; kłopoty z serwerami; kłopoty z monitorami; kłopoty z oprogramowaniem; kłopoty z routerami }.

Przykładowa reprezentacja własności zbioru obiektów w postaci tablicy binarnej przedstawiona jest w tablicy 1.

Dla dowolnego obiektu o_n i $X \subseteq \mathbf{A}$ oznaczmy przez $\mathbf{1}(X)$ jeżeli dla każdego $a_m \in X$ zachodzi $w_{nm} = 1$. Wprowadźmy ponadto dwie liczby rzeczywiste γ oraz σ i nazwijmy je odpowiednio poziomem pewności (confidence) i poziomem zabezpieczenia (support).

	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀
o ₁	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1
o ₂	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1
o ₃	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1

Tablica 1. Przykładowy opis zbioru O za pomocą tablicy

Liczby te dla zbiorów atrybutów $B \subseteq A$ i $C \subseteq A \setminus B$ zdefiniujemy w sposób następujący:

$$\gamma = \frac{|\{n \mid 1(B \cup C)\}|}{|\{n \mid 1(B)\}|}$$

$$\sigma = \frac{|\{n \mid 1(B \cup C)\}|}{N}$$

Liczby te interpretować można również następująco:

- γ - poziom pewności, jest to prawdopodobieństwo warunkowe zajścia zdarzenia: obiekty posiadają własności $a_m \in C$ jeżeli posiadają własności $a_m \in B$;
- σ -poziom zabezpieczenia, jest to prawdopodobieństwo łączne zajścia zdarzenia: obiekty posiadają własności $a_m \in B \cup C$.

Rozpatrzmy $B = \{a_2, a_3\} \subseteq A$, będący zbiorem atrybutów

i $C = \{a_8, a_9, a_{10}\} \subseteq A \setminus B$.

Dla naszego przykładu otrzymujemy odpowiednio: $\gamma = \frac{1}{2}$;

$\sigma = \frac{1}{3}$.

Interpretacja powyższego jest następująca: *jeżeli sprzęt zakupiony został w firmie nr 2 a oprogramowanie wykonała firma A&B to z prawdopodobieństwem równym "możemy twierdzić, że w systemie wystąpią kłopoty z monitorami, oprogramowaniem i routerami, natomiast prawdopodobieństwo łączne tego, że sprzęt zakupiony został w firmie nr 2 a oprogramowanie wykonała firma A&B, w systemie wystąpią kłopoty z monitorami, oprogramowaniem i routerami wynosi 1/3.*

Regułą skojarzoną występującą w zbiorze danych o obiektach $o_n \in \mathbf{O}$ względem zbioru atrybutów \mathbf{A} nazywamy wyrażenie $\mathbf{B} \Rightarrow \mathbf{C}$, gdzie

$\mathbf{B} \subseteq \mathbf{A}$ i $\mathbf{C} \subseteq \mathbf{A} \setminus \mathbf{B}$, jeżeli przy zadanych γ_0 oraz σ_0 zachodzi:

1. $\gamma \geq \gamma_0$;
2. $\sigma \geq \sigma_0$.

3. Praktyczny przykład problemu reguł skojarzonych

Niech dany będzie zbiór ERRORS o usterkach ujawnionych w eksploatowanych systemach informatycznych, przedstawiony w tablicy nr 2.

System	Sprzedawca	Wykonawca	Eksploatator	Usterka
System nr 1	Firma Q&Q	Firma A&B	Firma X	serwery
System nr 1	Firma B&B	Firma A&B	Firma X	oprogramowanie
System nr 1	Firma B&B	Firma A&B	Firma X	routery
System nr 1	Firma Q&Q	Firma A&B	Firma X	routery
System nr 2	Firma B&B	Firma A&B	Firma X	monitory
System nr 2	Firma B&B	Firma A&B	Firma X	oprogramowanie
System nr 2	Firma B&B	Firma A&B	Firma X	routery
System nr 3	Firma Q&Q	Firma M&B	Firma Y	serwery
System nr 3	Firma Q&Q	Firma M&B	Firma Y	oprogramowanie
System nr 3	Firma Q&Q	Firma M&B	Firma Y	routery

Tablica 2. Usterki stwierdzone w systemach informatycznych (ERRORS)

Wprowadźmy jako rozszerzenie języka SQL operator MINE RULE¹, który będzie służył do eksploracji reguł skojarzonych zawartych w zbiorze danych. Problem znajdowania reguł skojarzonych możemy zapisać, wykorzystując wprowadzone rozszerzenie języka SQL, następująco:

MINE RULE SimpleAssociations AS

**SELECT DISTINCT 1..n usterka AS BODY, 1..1 usterka AS HEAD,
SUPPORT, CONFIDENCE**

FROM ERRORS

GROUP BY System

EXTRACTING RULES WITH SUPPORT: 0.1, CONFIDENCE: 0.2

Operator MINE RULE produkuje nową tablicę nazwaną Simple Associations, gdzie każdy wiersz odpowiada odkrytej regule. Klauzula SELECT definiuje strukturę reguły: poprzednik (BODY) definiowany jest jako zbiór atrybutów o licznosci z wyspecyfikowanego zakresu 1..n; następnik (HEAD) jest definiowany jako zbiór zawierający pojedynczy atrybut. Słowo kluczowe DISTINCT nie dopuszcza do powtórzenia się parametru wewnątrz poprzednika bądź następnika reguły. Ponadto klauzula SELECT powoduje, że tablica wynikowa posiada cztery atrybuty: BODY, HEAD, SUPPORT i CONFIDENCE.

Operator MINE RULE bada dane w tablicy ERRORS zgrupowane według atrybutu System, co wyspecyfikowane jest w klauzuli GROUP BY. Reguły są eksplorowane w ramach grup; wartość ich poziomu zabezpieczenia (support) stanowi iloraz liczby grup spełniających daną regułę do ogólnej liczby grup, natomiast wartość poziomu pewności (confidence) określana jest jako iloraz liczby grup spełniających eksplorowaną regułę do liczby grup spełniających poprzednik

¹ Rosa MEO, Giuseppe PSAILA, Stefano CERI *An Extension to SQL for Mining Association Rules in Data Mining and Knowledge Discovery*, 2, 195-224 (1998)

(body). Klauzula EXTRACTING RULES WITH powoduje, że operator produkuje jedynie tylko te reguły, których *support* jest większy lub równy ustalonemu poziomowi zabezpieczenia a *confidence* jest większe lub równe ustalonemu poziomowi pewności. W rozpatrywanym przykładzie ustalone poziomy pewności i zabezpieczenia wynoszą odpowiednio 0.2 i 0.1 .

Tablica nr 3 pokazuje rezultat działania operatora MINE RULE na tablicy ERRORS. Należy zauważyć, że gdybyśmy zmienili poziom zabezpieczenia do 0.5 wtedy rezultat zadziałania operatora MINE RULE na tablicy ERRORS byłby taki jak pokazano w tablicy nr 4.

Istnieje wiele prostych wariantów reguł skojarzonych. Jeżeli interesuje nas eksploracja reguł z części zbioru danych, konieczne jest dokonanie operatora selekcji na tablicy źródłowej. Podobnie jak to jest w klasycznym języku SQL, również i w naszym rozszerzeniu zastosujemy opcjonalną klauzulę WHERE skojarzoną z klauzulą FROM.

Klauzula WHERE powoduje, że w wyniku jej zastosowania tworzona jest tymczasowa tablica zawierająca te wiersze z tablicy źródłowej , które spełniają warunek logiczny określony tą klauzulą. Następnie, z tak utworzonej tablicy tymczasowej eksplorowane są reguły skojarzone. Dla przykładu, jeżeli interesowały by nas usterki w systemach informatycznych , które eksploatuje firma X to powinniśmy napisać:

```
MINE RULE SimpleAssociations AS  
SELECT DISTINCT 1..n usterka AS BODY, 1..1 usterka AS HEAD,  
SUPPORT, CONFIDENCE  
FROM ERRORS  
WHERE Eksploatator="X"  
GROUP BY System  
EXTRACTING RULES WITH SUPPORT: 0.1, CONFIDENCE: 0.2
```

BODY	HEAD	SUPPORT	CONFIDENCE
{serwery}	{oprogramowanie}	2/3	1
{serwery}	{routery}	2/3	1
{oprogramowanie}	{serwery}	2/3	2/3
{oprogramowanie}	{routery}	1	1
{routery}	{serwery}	2/3	2/3
{routery}	{oprogramowanie}	1	1
{serwery, oprogramowanie}	{routery}	2/3	1
{serwery,routery}	{oprogramowanie}	2/3	1
{oprogramowanie, routery}	{serwery}	2/3	2/3
{monitory}	{oprogramowanie}	1/3	1
{monitory}	{routery}	1/3	1
{oprogramowanie}	{monitory}	1/3	1/3
{oprogramowanie}	{routery}	1	1
{routery}	{monitory}	1/3	1/3
{routery}	{oprogramowanie}	1	1
{monitory, oprogramowanie}	{routery}	1/3	1
{oprogramowanie, routery}	{monitory}	1/3	1/3
{routery, monitory}	{oprogramowanie}	1/3	1
{serwery}	{oprogramowanie}	2/3	1
{serwery}	{routery}	2/3	1
{oprogramowanie}	{routery}	1	1
{oprogramowanie}	{serwery}	2/3	2/3
{routery}	{serwery}	2/3	2/3
{routery}	{oprogramowanie}	1	1
{serwery, oprogramowanie}	{routery}	2/3	1
{oprogramowanie, routery}	{serwery}	2/3	2/3
{routery,serwery}	{oprogramowanie}	2/3	1

Tablica 3. Reguły skojarzone dla support ≥ 0.5 , confidence ≥ 0.2

Jeżeli reguły mają być eksplorowane z grup posiadających określone właściwości, możliwe jest wówczas użycie klasycznej klauzuli SQL – HAVING. Wewnątrz tej klauzuli zarówno funkcje agregujące zakres danych takie jak np. COUNT- liczba wierszy, MIN – wartość minimalna, MAX – wartość maksymalna, AVG – wartość średnia , SUM – suma, a także różnego rodzaju predykaty mogą być użyte w stosunku do atrybutów grupujących.

Problem prostych reguł skojarzonych może być rozszerzony do tzw. uogólnionych reguł skojarzonych.² Są to reguły skojarzone z ustaloną liczbą atrybutów w następniku (HEAD) reguły. Stosując operator MINE RULE zapisujemy to następująco:

```
MINE RULE GenAssociation AS  
SELECT DISTINCT 1..n usterka BODY, 1..n usterka AS HEAD,  
SUPPORT, CONFIDENCE  
FROM Errors  
GROUP BY System  
EXTRACTING RULES WUTH SUPPORT: 0.1, CONFIDENCE: 0.2
```

Uwagi końcowe.

W opracowaniu przedstawiono koncepcję zunifikowanego modelu opisującego problem odkrywania (pozyskiwania) reguł skojarzonych ze zbiorów danych. Model bazuje na nowym operatorze, nazwanym MINE RULE, określonym jako rozszerzenie klasycznego języka SQL.

² SRIKANT, R. and AGRAWAL, R. *Mining generalized association rules*. Technical Report RJ 9963, IBM Almaden Reserch Center, San Jose, California, June 1995.

BODY	HEAD	SUPPORT	CONFIDENCE
{serwery}	{oprogramowanie}	2/3	1
{serwery}	{routery}	2/3	1
{oprogramowanie}	{serwery}	2/3	2/3
{oprogramowanie}	{routery}	1	1
{routery}	{serwery}	2/3	2/3
{routery}	{oprogramowanie}	1	1
{serwery, oprogramowanie}	{routery}	2/3	1
{serwery,routery}	{oprogramowanie}	2/3	1
{oprogramowanie, routery}	{serwery}	2/3	2/3
{oprogramowanie}	{routery}	1	1
{routery}	{oprogramowanie}	1	1
{serwery}	{oprogramowanie}	2/3	1
{serwery}	{routery}	2/3	1
{oprogramowanie}	{routery}	1	1
{oprogramowanie}	{serwery}	2/3	2/3
{routery}	{serwery}	2/3	2/3
{routery}	{oprogramowanie}	1	1
{serwery, oprogramowanie}	{routery}	2/3	1
{oprogramowanie, routery}	{serwery}	2/3	2/3
{routery,serwery}	{oprogramowanie}	2/3	1

Tablica 4. Reguły skojarzone dla support ≥ 0.5 , confidence ≥ 0.2

WYŻSZA SZKOŁA INFORMATYKI STOSOWANEJ I ZARZĄDZANIA

działa pod auspicjami
Polskiej Akademii Nauk

ZAŁOŻYCIELEM

Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania
jest

FUNDACJA KRZEWIENIA NAUK SYSTEMOWYCH
powołana z inicjatywy
Prezesa
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

FUNDATOREM

Fundacji Krzewienia Nauk Systemowych
jest

POLSKA AKADEMIA NAUK

ORGANEM

sprawującym nadzór
jest

MINISTERSTWO EDUKACJI NARODOWEJ

Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania
prowadzi studia wyższe na kierunkach:

**INFORMATYKA
ZARZĄDZANIE I MARKETING**

SIEDZIBA

**Instytut Badań Systemowych
Polskiej Akademii Nauk**

ISBN 83-85847-24-3