

Władysław Hoffmann, Marek Mikołajczyk

ZBIORY PRZYBLIŻONE JAKO MOTOR WNIOSKOWANIA W SYSTEMIE EKSPERTOWYM OCENY KREDYTOBIORCÓW

1. Wprowadzenie

Ryzyko kredytowe oznacza niebezpieczeństwo, że kredytobiorca nie wypełni zobowiązań i warunków umowy, narażając kredytodawcę na straty finansowe [Jaworski 2001]. W zależności od polityki banku i jego pozycji na rynku może on przyjmować odpowiednią strategię kredytową, np. udzielać kredytów na zasadach bardziej lub mniej restrykcyjnych.

Każdy bank podejmuje działania mające na celu ograniczanie ekspozycji na tego rodzaju ryzyko. Działania te przejawiają się w organizacji struktur bankowych, sposobie podziału kompetencji, definiowaniu procedur kredytowych etc. Kluczowym elementem umożliwiającym kształtowanie poziomu ekspozycji na ryzyko jest właściwa ocena poziomu tego ryzyka oraz bieżąca jego kontrola.

Banki podejmują wiele działań mających na celu skuteczne zarządzanie ryzykiem kredytowym. Dzielimy je na te, które poprzedzają decyzje o przyznaniu kredytu (identyfikacja źródeł ryzyka i ich ocena), oraz na te, które są podejmowane już po przyznaniu kredytu (monitoring, fundusze celowe na pokrycie ewentualnych strat związanych z niespłaconym kredytem). W pracy zostaną rozpatrzone działania poprzedzające przyznanie kredytu, które określa się jako ocenę zdolności kredytowej. Przez ten termin należy rozumieć zdolność do terminowego i kompletnego wypełnienia zobowiązań oraz warunków umowy kredytowej.

Ocena zdolności kredytowej obejmuje następujące zadania: gromadzenie informacji finansowych i pozafinansowych na temat klienta, obliczanie wskaźników finansowych, porównywanie ze wskaźnikami branżowymi, klasyfikację ilościową, według wskaźników finansowych, końcową klasyfikację ilościową, klasyfikację jakościową oraz klasyfikację ryzyka związanego z klientem,

Do realizacji tych zadań banki używają różnych technik i metod. Ich skuteczność jest bardzo zróżnicowana. W celu usprawnienia procedury przyznania

kredytu można więc zbudować system ekspertowy wspomagający podjęcie decyzji kredytowej. Najtrudniejszym elementem budowy takiego systemu jest określenie poprawnych i jednoznacznych reguł wnioskowania. Zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych pozwala na wygenerowanie obiektywnych reguł z pominięciem niektórych, subiektywnych ocen ekspertów.

Teoria zbiorów przybliżonych została stworzona na podstawie syntezy zaawansowanych i efektywnych metod analizy i redukcji zbiorów danych. Z reguły metody te stosuje się w eksploracji danych, rozwiązywaniu złożonych zadań klasyfikacji i komputerowego wspomaganie różnorodnych procesów decyzyjnych [Mrózek 1999]. Zbiory przybliżone mają zastosowanie w systemach wspomaganie decyzji m.in. dlatego, że operują na wartościach dyskretnych, które często występują w systemie informacyjnym organizacji i nie można do nich zastosować klasycznych metod statystycznych [Pelczar 2002].

Ponadto należy dodać, że teoria zbiorów przybliżonych dobrze nadaje się do badania procesów słabo strukturalizowanych, niemożliwych do scharakteryzowania zgodnie z klasycznym ujęciem teorii zbiorów (zwłaszcza społeczno-ekonomicznych) oraz umożliwia identyfikację reguł decyzyjnych trudnych do intuicyjnego zdefiniowania.

Wyżej wymienione cechy decydują o zasadności wykorzystania metod opartych na zbiorach przybliżonych do modułu wnioskującego systemu ekspertowego oceny kredytobiorcy.

2. Analiza problemu

W niniejszym przykładzie przyjęto następujące atrybuty warunkowe:

- Zarobki netto (q_1) – jest to poziom zarobków miesięcznych z udokumentowanego dochodu stałego wynikającego z umowy o pracę.
- Koszty mieszkaniowe (q_2) – rozumiane jako wydatki związane z utrzymaniem mieszkania (w skali miesiąca), w tym czynsz, opłaty za energię elektryczną, gaz itp.
- Wydatki konsumpcyjne (q_3) – jako szeroko rozumiane miesięczne wydatki na konsumpcję (żywność, rozrywka itp.).
- Inne kredyty (q_4) – czyli miesięczne wszelkie koszty obsługi zobowiązań w innych bankach (pożyczki, kredyty itp.).
- Atrybutem decyzyjnym w rozważanym problemie jest decyzja o udzieleniu wnioskodawcy kredytu. Do badań przyjęto wnioski o kredyt w wysokości 5000 zł.

Dla powyższych atrybutów przyjęto odpowiednie przedziały dyskretyzacji przedstawiono w poniższych tabelach (1-5):

Tabela 1. Tabela dyskretyzacyjna dla atrybutu „zarobki netto”

| Zarobki netto (q_1) | | |
|-------------------------|------------------|------------------|
| Zakres | Przyjęta wartość | Forma zakodowana |
| do 2000 | niskie | 1 |
| 2001-2600 zł | średnie | 2 |
| powyżej 2600 zł | wysokie | 3 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Tabela dyskretyzacyjna dla atrybutu „koszty mieszkaniowe”

| Koszty mieszkaniowe (q_2) | | |
|-------------------------------|------------------|------------------|
| Zakres | Przyjęta wartość | Forma zakodowana |
| do 500 zł | niskie | 1 |
| 501-800 zł | średnie | 2 |
| powyżej 800 zł | wysokie | 3 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Tabela dyskretyzacyjna dla atrybutu „wydatki konsumpcyjne”

| Wydatki konsumpcyjne (q_3) | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| Zakres | Przyjęta wartość | Forma zakodowana |
| 200-400 zł | niskie | 1 |
| 401-600 zł | średnie | 2 |
| powyżej 600 zł | wysokie | 3 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4. Tabela dyskretyzacyjna dla atrybutu „inne kredyty”

| Inne kredyty (q_4) | | |
|------------------------|------------------|------------------|
| Zakres | Przyjęta wartość | Forma zakodowana |
| 0 zł | brak | 1 |
| 1-100 zł | niskie | 2 |
| 101-200 zł | średnie | 3 |
| powyżej 200 zł | wysokie | 4 |

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 5. Tabela dyskretyzacyjna dla atrybutu decyzyjnego

| Decyzja o przyznaniu kredytu (d) | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|
| Zakres | Przyjęta wartość | Forma zakodowana |
| Nie przyznano | NIE | 1 |
| Przyznano | TAK | 2 |

Źródło: opracowanie własne.

Należy podkreślić, że w badanym przykładzie wprowadzono kilka istotnych ograniczeń. Rozpatruje się konkretny produkt bankowy (kredyt wysokości 5000 zł). Ponadto wybrano kredytobiorców, których wysokość spłat innych kredytów nie przekracza kwoty 350 zł, wydatki konsumpcyjne są mniejsze niż 700 zł, największe wydatki na mieszkanie to 1100 zł, a zarobki nie przekraczają 3100 zł miesięcznie.

3. Tabela informacyjna

Dane wejściowe składają się z 30 przykładów zebranych z wniosków o kredyt ($\text{card}(U)=30$), które poddano odpowiedniej dyskretyzacji i przedstawiono w postaci tabelarycznej (tab. 6).

Tabela 6. Tabela informacyjna

| Lp. | Miesięczne zarobki netto (q_1) | Koszty mieszkaniowe (q_2) | Wydatki konsumpcyjne (q_3) | Inne kredyty (q_4) | Decyzja o przyznaniu kredytu (d) |
|-----|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1 | niskie | średnie | średnie | niskie | Nie |
| 2 | średnie | średnie | średnie | brak | Tak |
| 3 | niskie | niskie | wysokie | brak | Tak |
| 4 | średnie | wysokie | średnie | średnie | Nie |
| 5 | niskie | niskie | niskie | brak | Nie |
| 6 | niskie | niskie | niskie | brak | Tak |
| 7 | wysokie | wysokie | wysokie | średnie | Nie |
| 8 | wysokie | wysokie | wysokie | niskie | Tak |
| 9 | średnie | średnie | średnie | średnie | Tak |
| 10 | niskie | niskie | średnie | niskie | Nie |
| 11 | niskie | średnie | niskie | brak | Nie |
| 12 | niskie | niskie | średnie | niskie | Nie |
| 13 | średnie | średnie | średnie | średnie | Tak |
| 14 | wysokie | wysokie | wysokie | wysokie | Tak |
| 15 | niskie | średnie | średnie | niskie | Nie |
| 16 | średnie | średnie | średnie | średnie | Tak |
| 17 | wysokie | wysokie | wysokie | wysokie | Nie |
| 18 | średnie | średnie | średnie | średnie | Nie |
| 19 | średnie | niskie | wysokie | średnie | Tak |
| 20 | niskie | niskie | średnie | brak | Nie |
| 21 | średnie | średnie | niskie | średnie | Tak |
| 22 | wysokie | wysokie | wysokie | średnie | Tak |
| 23 | średnie | wysokie | średnie | wysokie | Nie |
| 24 | wysokie | średnie | średnie | wysokie | Tak |
| 25 | średnie | średnie | średnie | niskie | Tak |

| | | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|-----|
| 26 | średnie | średnie | wysokie | brak | Nie |
| 27 | niskie | niskie | wysokie | brak | Tak |
| 28 | średnie | wysokie | średnie | średnie | Nie |
| 29 | wysokie | wysokie | wysokie | średnie | Nie |
| 30 | średnie | średnie | wysokie | średnie | Tak |

Źródło: opracowanie własne.

Następnie tabela informacyjna została przekształcona do formy zakodowanej (tab. 7). Na jej podstawie wyznaczono elementarne zbiory warunkowe oraz koncepty decyzyjne.

Tabela 7. Tabela decyzyjna po zakodowaniu

| p_i | q_1 | q_2 | q_3 | q_4 | d | p_i | q_1 | q_2 | q_3 | q_4 | d |
|----------|-------|-------|-------|-------|-----|----------|-------|-------|-------|-------|-----|
| p_1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | p_{16} | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| p_2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | p_{17} | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 |
| p_3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | p_{18} | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 |
| p_4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | p_{19} | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 |
| p_5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | p_{20} | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| p_6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | p_{21} | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| p_7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | p_{22} | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| p_8 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | p_{23} | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| p_9 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | p_{24} | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 |
| p_{10} | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | p_{25} | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| p_{11} | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | p_{26} | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 |
| p_{12} | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | p_{27} | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| p_{13} | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | p_{28} | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| p_{14} | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | p_{29} | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 |
| p_{15} | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | p_{30} | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |

Źródło: opracowanie własne.

4. Elementarne zbiory warunkowe i koncepty decyzyjne

W rozpatrywanym przykładzie, przy pełnym zbiorze czterech atrybutów warunkowych, wyróżniono dziewiętnaście zbiorów przykładów nierozróżnialnych (elementarnych zbiorów warunkowych) E_i oraz dwa koncepty decyzyjne X_k :

$$\text{card}(P^* (\{q_1, q_2, q_3, q_4\})) = 19;$$

$$E_1 = \{p_1, p_{15}\}$$

$$E_2 = \{p_2\}$$

$$E_3 = \{p_4, p_{28}\}$$

$$E_4 = \{p_4, p_{28}\}$$

$$E_5 = \{p_5, p_6\}$$

$$E_6 = \{p_7, p_{22}, p_{29}\}$$

$$E_7 = \{p_8\}$$

$$E_8 = \{p_9, p_{13}, p_{16}, p_{18}\}$$

$$E_9 = \{p_{10}, p_{12}\}$$

$$E_{10} = \{p_{11}\};$$

$$E_{11} = \{p_{14}, p_{17}\}$$

$$E_{12} = \{p_{19}\}$$

$$E_{13} = \{p_{20}\}$$

$$E_{14} = \{p_{21}\}$$

$$E_{15} = \{p_{23}\}$$

$$E_{16} = \{p_{24}\}$$

$$E_{17} = \{p_{25}\}$$

$$E_{18} = \{p_{26}\}$$

$$E_{19} = \{p_{30}\}$$

$$X_1 = \{p_1, p_4, p_5, p_7, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{15}, p_{17}, p_{18}, p_{20}, p_{23}, p_{26}, p_{28}, p_{29}\}$$

dla decyzji TAK,

$$X_1 = \{p_2, p_3, p_6, p_8, p_9, p_{13}, p_{14}, p_{16}, p_{19}, p_{21}, p_{22}, p_{24}, p_{25}, p_{27}, p_{30}\}$$

dla decyzji NIE.

5. Dolne i górne przybliżenia

Dalsze badanie obejmowało wyznaczenie dolnych i górnych przybliżeń konceptów decyzyjnych. Przez dolne przybliżenie konceptu $DP(X_k)$ rozumie się największy p -definiowalny zbiór przykładów zawarty w tym konceptcie, a więc taki zbiór, który da się rozłożyć na p -elementarne zbiory atrybutowe E_j

$$DP(X_1) = E_1 \cup E_4 \cup E_9 \cup E_{10} \cup E_{13} \cup E_{15} \cup E_{18},$$

$$DP(X_2) = E_2 \cup E_3 \cup E_7 \cup E_{12} \cup E_{14} \cup E_{16} \cup E_{17} \cup E_{19}.$$

Górnym przybliżeniem konceptu decyzyjnego X_k jest najmniejszy p -definiowalny zbiór przykładów zawierający dany koncept

$$GP(X_1) = E_1 \cup E_4 \cup E_5 \cup E_6 \cup E_8 \cup E_9 \cup E_{10} \cup E_{11} \cup E_{13} \cup E_{15} \cup E_{18},$$

$$GP(X_2) = E_2 \cup E_3 \cup E_5 \cup E_6 \cup E_7 \cup E_8 \cup E_{11} \cup E_{12} \cup E_{14} \cup E_{16} \cup E_{17} \cup E_{19}.$$

Wyznaczono również regiony graniczne obu konceptów, czyli te zakresy pełnej przestrzeni atrybutów, w których wnioskowanie o przyznaniu kredytu jest niepewne. Ponieważ w danym przykładzie są tylko dwa koncepty decyzyjne, więc regiony te będą sobie równe. Korzystając z wzoru

$$GR(X_k) = GP(X_k) - DP(X_k),$$

otrzymano:

$$GR(X_1) = GR(X_2) = E_5 \cup E_6 \cup E_8 \cup E_{11}.$$

Niech D^* będzie rodziną konceptów decyzyjnych X_k . Pozytywnym obszarem rodziny D^* ($\text{Pos}D^*$) przy danych atrybutach warunkowych będzie: $P_1, P_4, P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{15}, P_{20}, P_{23}, P_{26}, P_{28}; P_2, P_3, P_8, P_{19}, P_{21}, P_{24}, P_{25}, P_{27}, P_{30}$

$$\begin{aligned} \text{Pos}D^* &= DP(X_1) \cup DP(X_2) = E_1 \cup E_4 \cup E_9 \cup E_{10} \cup E_{13} \cup E_{15} \cup E_{18} \cup \\ &E_2 \cup E_3 \cup E_7 \cup E_{12} \cup E_{14} \cup E_{16} \cup E_{17} \cup E_{19} = \{P_1, P_2, P_3, P_4, P_8, P_{10}, P_{11}, \\ &P_{12}, P_{15}, P_{19}, P_{20}, P_{21}, P_{23}, P_{24}, P_{25}, P_{26}, P_{27}, P_{28}, P_{30}\}. \end{aligned}$$

Zawiera on dziewiętnaście przykładów, tzn. $\text{card}(\text{Pos}D^*)=19$, a zatem jakość przybliżenia γ rodziny konceptów decyzyjnych D^* wynosi

$$\gamma = \frac{\text{card}(\text{Pos}D^*)}{\text{card}(U)} = \frac{19}{30} = 0,63(3).$$

Oznacza to, że 63% wszystkich przykładów umożliwia generowanie reguł pewnych.

6. Redukty zbiorów atrybutów warunkowych

Następnie podjęto próbę redukcji zbędnych atrybutów warunkowych. Redukt bezwzględny występuje, gdy istnieje taki minimalny i niezależny podzbiór P_i zbioru P , który posiadałby identyczną relację nierozróżnialności (taką samą rodzinę zbiorów elementarnych E_j). Po przebadaniu wszelkich potencjalnych podzbiorów nie stwierdzono istnienia reduktów bezwzględnych.

Następnie podjęto próbę względnego usuwania atrybutów q_i ze zbioru P atrybutów. O istnieniu reduktów względnych mówi się, gdy pozytywne obszary rodzin przestrzeni zredukowanej D_i^* i pełnej przestrzeni D^* są sobie równe. We wszystkich rozpatrywanych przypadkach były one różne, więc zbiór P nie posiada również reduktów względnych. Atrybuty q_1, q_2, q_3, q_4 są więc nieusuwalne i stanowią zarówno bezwzględny, jak i względny rdzeń zbioru P .

7. Budowa algorytmu decyzyjnego

Kolejnym etapem badania była budowa algorytmu decyzyjnego. Został on podzielony na część dobrze i źle określoną. W skład źle określonej części wchodzi reguły generujące decyzje sprzeczne. Obie części algorytmu zostały przedstawione w tab. 8.

Tabela 8. Dobrze i źle określona część algorytmu decyzyjnego

| Reguła | Q_1 | Q_2 | Q_3 | Q_4 | Decyzja | Wsparcie | Pewność | Siła | Pokrycie |
|--------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|---------|----------|----------|
| R1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0,066667 | 0,133333 |
| R2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |

| | | | | | | | | | |
|-----|---|---|---|---|---|---|----------|----------|----------|
| R3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0,066667 | 0,133333 |
| R4 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0,066667 | 0,133333 |
| R5 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0,066667 | 0,133333 |
| R7 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R8 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R9 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R10 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R11 | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R12 | 3 | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R13 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R14 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R15 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 0,033333 | 0,066667 |
| R16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,5 | 0,033333 | 0,066667 |
| R17 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0,5 | 0,033333 | 0,066667 |
| R18 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 0,666667 | 0,066667 | 0,133333 |
| R19 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 0,333333 | 0,033333 | 0,066667 |
| R20 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0,75 | 0,1 | 0,2 |
| R21 | 2 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 0,25 | 0,033333 | 0,066667 |
| R22 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 1 | 0,5 | 0,033333 | 0,066667 |
| R23 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 | 0,5 | 0,033333 | 0,066667 |

Źródło: opracowanie własne.

Dla przykładu reguła R1 wygląda następująco:

Jeśli $(q_1=1)$ I $(q_2=2)$ I $(q_3=2)$ I $(q_4=2)$ To $(d=1)$.

Przez wsparcie rozumie się liczbę przykładów dla danej reguły. Pewność wyniku ze zróżnicowania atrybutu decyzyjnego dla danego zestawu atrybutów warunkowych i wyrażona jest ilorazem wsparcia dla reguły do wszystkich przykładów o tej samej przestanie co dana reguła. Siła określana jest ilorazem wsparcia danej reguły do liczebności wszystkich przykładów. Pokrycie natomiast wyznacza się jako stosunek wsparcia reguły do liczebności przykładów o tej samej konkluzji.

8. Redukcja reguł i uproszczony algorytm decyzyjny

Kolejnym krokiem było znalezienie reguł podobnych. W tym celu dla każdego atrybutu decyzyjnego poszukuje się podobieństw w zestawie atrybutów warunkowych. W efekcie otrzymano uproszczony algorytm składający się z 12 reguł, w tym dwóch niepewnych. Poniżej przedstawiono jego lingwistyczną wersję:

R1/R6: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = niskie) i nie (Koszty mieszkaniowe (q_2) = wysokie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = średnie) i (Inne kredyty (q_4) = niskie), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Nie przyznano).

R2/R13/R20: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = średnie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = średnie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = średnie) i nie (Inne kredyty (q_4) = wysokie), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Przyznano).

R3: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = niskie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = niskie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = wysokie) i (Inne kredyty (q_4) = brak), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Przyznano).

R4/11: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = średnie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = wysokie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = średnie) i ((Inne kredyty (q_4) = średnie) Lub (Inne kredyty (q_4) = wysokie)), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Nie przyznano).

R5: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = wysokie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = wysokie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = wysokie) i (Inne kredyty (q_4) = niskie), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Przyznano).

R7: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = niskie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = średnie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = niskie) i (Inne kredyty (q_4) = brak), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Nie przyznano).

R8: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = średnie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = niskie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = wysokie) i (Inne kredyty (q_4) = średnie), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Przyznano).

R9: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = niskie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = niskie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = średnie) i (Inne kredyty (q_4) = brak), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Nie przyznano).

R10/R15: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = średnie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = średnie) i nie (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = średnie) i (Inne kredyty (q_4) = średnie), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Przyznano).

R12: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = wysokie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = średnie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = średnie) i (Inne kredyty (q_4) = wysokie), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Przyznano).

R14: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = średnie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = średnie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = wysokie) i (Inne kredyty (q_4) = brak), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Nie przyznano).

R18: Jeśli (Zarobki netto (q_1) = wysokie) i (Koszty mieszkaniowe (q_2) = wysokie) i (Wydatki konsumpcyjne (q_3) = wysokie) i (Inne kredyty (q_4) = średnie), To (Decyzja o przyznaniu kredytu (d) = Nie przyznano).

9. Wnioski

Wyniki powyższych badań wskazują, że zastosowanie zbiorów przybliżonych do budowy reguł w aparacie wnioskowania systemu ekspertowego znacznie przy-

spiesza podjęcie prawidłowej decyzji. Metoda ta charakteryzuje się bowiem bardzo wysokim współczynnikiem ekstrakcji wiedzy (w naszym przypadku wynosi 2,5), a reguły zbudowane za pomocą zbiorów przybliżonych zazwyczaj generują sensowne decyzje. Należy jednak pamiętać, że w opisywanym przykładzie narzucono pewne ograniczenia. W pełnym modelu należałoby rozszerzyć przestrzeń badawczą. Wiąże się to z koniecznością wprowadzenia znacznie większej liczby przykładów opisujących rzeczywistość. W rozwiązywanym zadaniu brano pod uwagę cztery atrybuty warunkowe. Są to co prawda jedne z najistotniejszych czynników wpływających na decyzję o przyznaniu tego typu kredytu, jednak nie jest to pełen zakres i warto byłoby go poszerzyć.

Literatura

- Jaworski W., Zawadzka Z., *Bankowość. Podręcznik akademiki*, Poltext, Warszawa 2001.
Mrózek A, Płonka L., *Analiza danych metodą zbiorów przybliżonych*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1999.
Pelczar M., *Rough Sets Using for Medical Services Costs Modelling in Decision Support System*.
Materiały Konferencji Advanced Computer Systems ACS 2002, Szczecin 2002.

ROUGH SETS AS A DRIVING FORCE OF CONCLUSION IN THE EXPERT SYSTEM OF BORROWERS EVALUATION

Summary

Today banks take many actions for efficient credit risk management. One of the improvements for loan request approval can be usage of expert system. But the problem arises when we need to specify proper and explicit conclusion rules. To resolve this issue we apply rough sets theory. In this study we present how to build rules for a sample loan and given type of borrower, and then we evaluate how they can be useful for credit decision process.

Mgr Władysław Hoffmann jest asystentem w Zakładzie Metod Informatyki Stosowanej na Uniwersytecie Szczecińskim
e-mail: Woodieh@gmail.com

Mgr Marek Mikołajczyk jest asystentem w Zakładzie Sztucznej Inteligencji na Uniwersytecie Szczecińskim
e-mail: Marek.Mikolajczyk@gmail.com