

## ZASTOSOWANIE ZBIORÓW PRZYBLIŻONYCH DO ANALIZY SATYSFAKCJI KLIENTA SERWISU POJAZDÓW

Marek Klimkiewicz, Katarzyna Moczulska

*Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

**Streszczenie.** W artykule opisano zastosowanie teorii zbiorów przybliżonych do indukcji reguł decyzyjnych pozwalających ocenić zadowolenie klientów korzystających z serwisu pojazdów. Integralną częścią pracy jest analiza wykonana za pomocą programu komputerowego ROSE 2, który został użyty do generowania reguł decyzyjnych. Program umożliwił wyznaczenie dwudziestu pięciu reguł pewnych oraz trzech reguł przybliżonych, dzięki którym możliwe jest określenie, które czynniki w najwyższym stopniu wpływają na zadowolenie klientów. Analiza satysfakcji klienta pozwoli określić, jak należy kształtować przyszłe relacje z klientami serwisu oraz zwrócić uwagę na luki w jakości obsługi klienta.

**Słowa kluczowe:** zbiory przybliżone, tablica decyzyjna, satysfakcja klienta

### Wprowadzenie i cel pracy

Badanie satysfakcji klienta daje ogromne korzyści organizacjom osiągającym swoje cele na rynku. Badania takie stosuje się, aby m.in. zmierzyć zadowolenie klienta z całkowitego produktu, zidentyfikować priorytety doskonalenia, dostarczać dane do monitorowania ulepszeń, poprawić wskaźniki utrzymania klientów oraz spełnić wymagania kontrolerów norm ISO [Hill i in. 2003].

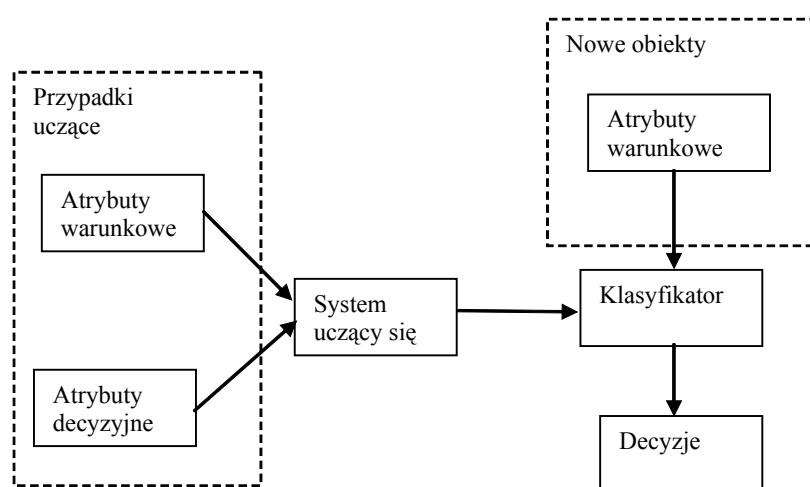
Celem pracy jest zbadanie poziomu satysfakcji klientów za pomocą zbiorów przybliżonych. Teoria zbiorów przybliżonych (*ang. rough set theory*) została sformułowana przez Pawłaka [1982]. Stanowi ona propozycję odejścia od klasycznej teorii zbiorów, będącej podstawą nauk matematycznych, w celu modelowania pojęć nieostrych. Zbiory przybliżone powstały po odrzuceniu wymogu istnienia ściśle określonych granic i są definiowane za pomocą dolnego i górnego przybliżenia zbioru.

Wynikiem analizy danych za pomocą teorii zbiorów przybliżonych jest zbiór reguł decyzyjnych, które stanowią zwartą reprezentację wiedzy łatwą do interpretacji.

Zbiory przybliżone znalazły zastosowanie m.in. w eksploracji danych (pozyskiwanie wiedzy, wydobywanie danych) i odkrywaniu wiedzy, przy złożonych zasadach klasyfikacji oraz w komputerowych systemach wspomagania decyzji [Klimkiewicz 2006].

## Opis metody badawczej

Dane empiryczne dotyczące klientów (przypadki) gromadzone były w serwisie zajmującym się naprawą pojazdów samochodowych. Narzędzia analityczne użyte do pomiaru satysfakcji klienta zostały oparte na teorii zbiorów przybliżonych, a samo badanie zostało przeprowadzone za pomocą programu komputerowego ROSE 2. Do oceny satysfakcji klienta zastosowano bezpośrednią indukcję minimalnego zbioru reguł ze zbioru przypadków  $U$ . Sposób przeprowadzania klasyfikacji przez model przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Sposób klasyfikacji za pomocą modelu regułowego  
 Fig. 1. Classification method using the rule model

Reguły decyzyjne zostały wygenerowane za pomocą programu ROSE 2 napisanego w Instytucie Informatyki Politechniki Poznańskiej [Prędkie i in. 1998; Prędkie i in. 1999]. Program indukuje reguły za pomocą algorytmu MODLEM, który do oceny koniunkcji warunków wykorzystuje miarę Laplace'a [Krawiec i in. 2003]:

$$Lp(P) = \frac{n_c + l_r - 1}{n + l_r} \quad (1)$$

gdzie:

- $n_c$  – liczba przykładów pozytywnych pokrywanych przez koniunkcję  $P$ ,
- $n$  – ogólna liczba wszystkich przykładów pokrywanych przez koniunkcję  $P$ ,
- $l_r$  – liczba klas decyzyjnych.

Zarejestrowano 70 przypadków, które posłużyły do utworzenia tablicy decyzyjnej, której fragment przedstawiono w tabeli 1. Tablica ta składa się z dwóch modułów. Pierwszy moduł tworzy dziewięć atrybutów warunkowych, a drugi jeden atrybut decyzyjny.

## Zastosowanie zbiorów przybliżonych...

Tabela 1. Model regułowy oceniający satysfakcję klienta  
Table 1. The rule model evaluating customer's satisfaction

Nr przypadku	Atrybuty warunkowe									Atrybut decyzyjny
	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_6$	$q_7$	$q_8$	$q_9$	$q_{10}$
1	3 dni	tak	tak	nie	tak	dobra	tak	tak	pochwała	bardzo zadowolony
2	1 dzień	tak	nie	nie	nie	średnia	tak	tak	reklamacja	mało zadowolony
3	1 dzień	nie	tak	nie	tak	zła	nie	tak	krytyka	średnio zadowolony
4	1 dzień	tak	tak	tak	tak	dobra	tak	tak	pochwała	bardzo zadowolony
5	2 dni	nie	tak	nie	tak	dobra	tak	nie	krytyka	zadowolony

Źródło: obliczenia własne autorów

Atrybutami warunkowymi są: proponowany termin wykonania usługi ( $q_1$ ), dotrzymanie terminu wykonania usługi ( $q_2$ ), sprawdzenie stanu samochodu przy kliencie ( $q_3$ ), pomoc doradcy w dotarciu do domu ( $q_4$ ), usunięcie zgłoszonych niesprawności ( $q_5$ ), ocena jakości obsługi klienta ( $q_6$ ), dotrzymanie ceny wykonania usługi ( $q_7$ ), wyjaśnienie wysokości rachunku ( $q_8$ ), relacja klienta ( $q_9$ ), natomiast atrybutem warunkowym jest poziom zadowolenia klienta ( $q_{10}$ ). Atrybutom warunkowym mogą zostać przypisane następujące wartości:  $V_{q_1} = \{1 \text{ dzień}, 2 \text{ dni}, 3 \text{ dni}, \text{więcej niż } 3 \text{ dni}\}$ ,  $V_{q_2}, V_{q_3}, V_{q_4}, V_{q_5}, V_{q_7}, V_{q_8} = \{\text{tak}, \text{nie}\}$ ,  $V_{q_6} = \{\text{dobra}, \text{średnia}, \text{zła}\}$ ,  $V_{q_9} = \{\text{pochwała}, \text{obojętność}, \text{reklamacja}, \text{krytyka}\}$ . Atrybut decyzyjny może przyjmować następujące wartości  $V_{q_{10}} = \{\text{bardzo zadowolony}, \text{zadowolony}, \text{średnio zadowolony}, \text{mało zadowolony}, \text{niezadowolony}\}$ . Wszystkie atrybuty są zmiennymi jakościowymi. Uniwersum, będące zbiorem klientów, złożone jest z 70 obiektów, co zapisujemy.  $U = \{x_1, x_2, \dots, x_{70}\}$ .

## Wyniki badań

Korzystając z programu ROSE 2 wygenerowano dwadzieścia pięć reguł pewnych i trzy reguły przybliżone. Przykładowe reguły wygenerowane przez tę aplikację zostały przedstawione poniżej.

### Certain rules - Reguły pewne

rule 1. ( $q_1$  in  $\{1\_dzien, 3\_dni, 2\_dni\}$ ) & ( $q_7 = \text{tak}$ ) & ( $q_8 = \text{tak}$ ) & ( $q_9 = \text{pochwała}$ ) => ( $q_{10} = \text{bardzo zadowolony}$ ); [12, 12, 92.31%, 100.00%][12, 0, 0, 0, 0] [{1, 4, 21, 26, 32, 35, 40, 50, 55, 61, 62, 69}, {}, {}, {}, {}].

### Approximate rules – Reguły przybliżone

rule 26. ( $q_1 = \text{wiecej\_niz\_3\_dni}$ ) & ( $q_8 = \text{nie}$ ) & ( $q_9 = \text{obojetność}$ )  $\Rightarrow$  ( $q_{10} = \text{zadowolony}$ ) OR ( $q_{10} = \text{średnio zadowolony}$ ); [4, 4, 100.00%, 100.00%][0, 1, 3, 0, 0] [{} , {16}, {11, 33, 49}, {}, {}].

W wygenerowanych regułach uległa zredukowaniu liczba atrybutów warunkowych. Wśród reguł pewnych są dwie reguły oparte na dwóch atrybutach warunkowych, trzynaście reguł opartych na trzech, dziewięć reguł opartych na czterech oraz jedna reguła oparta na pięciu atrybutach warunkowych. Reguły przybliżone mają zredukowaną, do trzech, liczbę atrybutów warunkowych.

Atrybuty w dużym stopniu wpływające na zadowolenie klientów to przede wszystkim: krótki termin wykonania usługi i dotrzymanie tego terminu, wyjaśnienie wysokości rachunku za usługę oraz sprawdzenie stanu samochodu przy kliencie. Analizując reguły można zauważyć, że jeśli któryś w wyżej wymienionych czynników nie zostanie spełniony, to poziom zadowolenia klienta spada.

Każdą wygenerowaną regułę opisują następujące parametry umieszczone za nią w nawiasach kwadratowych:

- liczba obiektów pokrywanych przez część warunkową reguły;
- liczba obiektów pokrywanych przez część warunkową reguły i należących do zalecanej klasy decyzyjnej;
- względne pokrycie reguły - liczba obiektów pokrywanych przez część warunkową reguły i należących do zalecanej klasy decyzyjnej podzielona przez liczbę obiektów zgodnych z konkluzją (w %);
- zaufanie reguły - liczba obiektów pokrywanych przez część warunkową reguły i należących do zalecanej klasy decyzyjnej podzielona przez liczbę obiektów pokrywanych przez część warunkową reguły w (%).
- Dodatkowe informacje znajdujące się w opisie reguły to:
- rozkład przynależności do klas decyzyjnych przykładów pokrywanych przez regułę,
- numer obiektu i przynależność do klasy.

Interpretacja pierwszej reguły decyzyjnej zamieszczonej powyżej jest następująca:

- ( $q_1 \in \{1\_dzien, 3\_dni, 2\_dni\}$ ) & ( $q_7 = \text{tak}$ ) & ( $q_8 = \text{tak}$ ) & ( $q_9 = \text{pochwała}$ )  $\Rightarrow$  ( $q_{10} = \text{bardzo zadowolony}$ ); oznacza, że jeśli proponowany termin wykonania usługi wynosi od jednego do trzech dni ( $q_1 \in \{1\_dzien, 3\_dni, 2\_dni\}$ ) oraz cena za wykonanie usługi została dotrzymana ( $q_7 = \text{tak}$ ), a także klient pochwalił pracę serwisu ( $q_9 = \text{pochwała}$ ), to jest on bardzo zadowolony ( $q_{10} = \text{bardzo zadowolony}$ ),
- [12, 12, 92.31%, 100.00%] - oznacza, że liczba obiektów pokrywanych przez część warunkową reguły wynosi 12, liczba obiektów pokrywanych przez część warunkową reguły i należących do zalecanej klasy decyzyjnej wynosi 12, względne pokrycie reguły - 92,31% oraz zaufanie reguły wynosi 100%,
- [12, 0, 0, 0, 0][{1, 4, 21, 26, 32, 35, 40, 50, 55, 61, 62, 69}, {}, {}, {}, {}] - oznacza, że 12 obiektów należy do klasy decyzyjnej bardzo zadowolony a numery tych obiektów to 1, 4, 21, 26, 32, 35, 40, 50, 55, 61, 62, 69.

Reguły przybliżone, zwane również regułami niespójnymi, przy tych samych atrybutach warunkowych generują różne atrybuty decyzyjne, mogą więc wystąpić dwie lub wię-

## Zastosowanie zbiorów przybliżonych...

cej niż dwie konkluzje. Dla otrzymanych danych jakość klasyfikacji wynosi 0,89, a dokładność przybliżenia każdej klasy decyzyjnej – poziom zadowolenia klienta - ilustruje tabela 2.

Tabela 2. Dokładność przybliżenia klasyfikacji poszczególnych klas decyzyjnych  
Table 2. Approximation accuracy for classification of individual decision-making categories

Klasa decyzyjna	Liczba przypadków	Dolne przybliżenie	Górne przybliżenie	Dokładność aproksymacji
Bardzo zadowolony	13	12	14	0,86
Zadowolony	17	15	21	0,71
Średnio zadowolony	11	7	13	0,54
Mało zadowolony	15	14	16	0,88
Niezadowolony	14	14	14	1,00

Źródło: obliczenia własne autorów na podstawie programu ROSE 2

Jak wynika z tabeli 2 liczba przypadków w danych klasach jest do siebie zbliżona i wynosi od jedenastu w klasie średnio zadowolony do siedemnastu w klasie zadowolony. Klasa średnio zadowolony charakteryzuje się również najmniejszą dokładnością przybliżenia wynoszącą 54%. Największą dokładność przybliżenia ma klasa niezadowolony (100%), co powoduje, że obiekty należące do tej klasy są najlepiej sklasyfikowane.

W tabeli 3 przedstawiono macierz pomyłek. Z tabeli można odczytać, nie tylko liczbę przypadków należących do danej klasy, ale również, liczbę przypadków, które w wyniku procesu przetwarzania danych błędnie zakwalifikowano do innej klasy.

Tabela 3. Macierz pomyłek  
Table 3. Error matrix

Klasa decyzyjna	Bardzo zadowolony	Zadowolony	Średnio zadowolony	Mało zadowolony	Niezadowolony	Niesklasyfikowany
Bardzo zadowolony	12	0	0	1	0	0
Zadowolony	2	11	2	1	1	0
Średnio zadowolony	1	2	5	1	1	1
Mało zadowolony	0	0	1	3	11	0
Niezadowolony	1	1	0	6	6	0

Źródło: obliczenia własne autorów na podstawie programu ROSE 2

Analizując tabelę można zauważyć, że w rozpatrywanym zbiorze danych system zidentyfikował dwunastu klientów jako bardzo zadowolonych oraz jednego klienta jako mało zadowolonego z usług serwisu, ale w rzeczywistości jednak byli oni bardzo zadowoleni z obsługi. Dla kolejnych czterech klientów system przewidział, że powinni być bardzo zadowoleni, natomiast okazało się, że dwóch z nich jest zadowolonych, a pozostali dwaj są

średnio zadowoleni lub niezadowoleni z obsługi serwisu. Można stwierdzić, że system, z 70, poprawnie zaklasyfikował 37 przypadków.

## Podsumowanie

Wyniki badań pozwoliły na określenie, które atrybuty w najwyższym stopniu decydują o zadowoleniu klienta. Jak się okazało największy wpływ na zadowolenie klienta (klasa klientów bardzo zadowolonych) miały następujące czynniki: krótki termin wykonania usługi, dotrzymanie terminu wykonania usługi oraz cena usługi, wyjaśnienie wysokości wystawionego rachunku oraz pochwała klienta dotycząca pracy serwisu. Atrybuty wpływające na to, że klienci są średnio zadowoleni z usług firmy to przede wszystkim proponowany dłuższy, niż trzy dni, termin wykonania usługi oraz średnia jakość obsługi. Atrybuty decydujące o niezadowoleniu klientów to głównie: brak usunięcia zgłoszonej niesprawności, niedotrzymanie terminu wykonania usługi oraz zła jakość obsługi klienta. Niezadowolenie klienta wynika więc z konieczności zgłoszenia reklamacji oraz z dłuższego, niż planowany, czasu oczekiwania na naprawę pojazdu.

Umiejętne wykorzystanie wygenerowanych reguł decyzyjnych pozwoli firmie usatysfakcjonować swoich klientów oraz usprawnić pracę serwisu.

## Bibliografia

- Hill N., Alexander J.** 2003. Pomiar satysfakcji i lojalności klienta. Oficyna Wydawnicza. Kraków. ISBN 83-8859-790-6.
- Klimkiewicz M.** 2006. Modelowanie procesów odnowy aparatury paliwowej ciągników i samojezdnych maszyn rolniczych. Wydawnictwo SGGW. Warszawa. ISBN 83-7244-739-X.
- Krawiec K., Stefanowski J.** 2003. Uczenie maszynowe i sieci neuronowe. Wyd. Politechniki Poznańskiej. ISBN 83-7143-455-3.
- Pawlak Z.** 1982. Rough sets. *International Journal of Information & Computer Sciences* 11. s. 341-356.
- Prędko B., Słowinski R., Stefanowski J., Susmaga R., Wilk Sz.** 1998. ROSE - Software Implementation of the Rough Set Theory. W: Polkowski L., Skowron A. i in. *Rough Sets and Current Trends in Computing, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 1424. Springer-Verlag, Berlin. s. 605-608.
- Prędko B., Wilk Sz.** 1999. Rough Set Based Data Exploration Using ROSE System. W: Ras Z.W., Skowron A. i in. *Foundations of Intelligent Systems, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 1609. Springer-Verlag, Berlin s. 172-180.

## **USING OF APPROXIMATE SETS TO ANALYSE SATISFACTION OF VEHICLE SERVICE CUSTOMER**

**Abstract.** The paper presents application of the approximate sets theory to induce decision-making rules allowing to evaluate satisfaction of vehicle service customers. An integral element of this paper is the analysis performed with the ROSE 2 computer application, which was used to generate decision-making rules. The application allowed to determine twenty five sure rules and three approximate rules. They make it possible to determine, which factors affect customer's satisfaction to largest extent. Customer's satisfaction analysis will allow to determine how to form future relations with service customers, and to draw attention to gaps in customer service quality.

**Key words:** approximate sets, decision-making chart, customer's satisfaction

**Adres do korespondencji:**

Marek Klimkiewicz; e-mail: [marek\\_klimkiewicz@sggw.pl](mailto:marek_klimkiewicz@sggw.pl)  
Katedra Organizacji i Inżynierii Rolnictwa  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
ul. Nowoursynowska 166  
02-787 Warszawa