

ZASTOSOWANIE TEORII ZBIORÓW PRZYBLIŻONYCH DO IDENTYFIKACJI REGUŁ ZACHOWAŃ RYNKOWYCH NA PRZYKŁADZIE URZĘDÓW GMINNYCH WOJEWÓDZTWA ZACHODNIOPOMORSKIEGO

AGATA WAWRZYNIAK
Uniwersytet Szczeciński

Streszczenie

W artykule przedstawiono problem stosowania outsourcingu informatycznego w jednostkach samorządu terytorialnego województwa zachodniopomorskiego. Główny nacisk został położony na prezentację metody, która została użyta w przeprowadzonym badaniu. Teorię zbiorów przybliżonych zastosowano do identyfikacji reguł zachowań rynkowych badanych urzędów, na podstawie których, w toku dalszych badań, opracowano rozwiązania wzorcowe mogące służyć jako element wspomagający podejmowanie decyzji.

Słowa kluczowe: teoria zbiorów przybliżonych, usługi informatyczne, outsourcing informatyczny, administracja samorządowa, jednostka samorządu terytorialnego

1. Wprowadzenie

Firmy funkcjonują obecnie w sytuacji, w której aby utrzymać swoją pozycję na rynku, muszą starać się nadążać za szybko zmieniającymi się technologiami i rozwiązaniami. Jest to sytuacja trudna z dwóch powodów. Po pierwsze w technologiach informatycznych następuje bardzo szybki rozwój, w zasadzie codziennie pojawiają się nowe, coraz lepsze rozwiązania. I aby śledzić te zmiany należy posiadać sporą wiedzę specjalistyczną, która pozwoli w tym zalewie znaleźć ofertę przystającą do potrzeb konkretnego przedsiębiorstwa. Po drugie wykorzystywanie najnowszych technologii informatycznych jest niestety bardzo kosztowne. Może się wydawać, że w czasach, gdy przedsiębiorstwa przeżywają recesję gospodarczą i zajmują się głównie szukaniem dróg zmniejszenia wydatków, m.in. poprzez redukcję etatów, nadążanie za rozwojem technologii zajdzie na plan dalszy. Tymczasem, pomimo że dominuje polityka obniżania kosztów i oszczędności, nie zanika potrzeba nowoczesności.

W takiej skomplikowanej sytuacji korzystne jest dla nich zwrócenie się do wyspecjalizowanych firm zewnętrznych i przekazanie im do realizacji pewnych funkcji lub procesów dotąd wykonywanych we własnym zakresie. Ten sposób działania określa się pojęciem outsourcingu. Profesjonalne usługi zewnętrzne (czyli outsourcing) to jedna z nowoczesnych strategii zarządzania, polegająca na przekazywaniu partnerowi z zewnątrz (tzw. outsourcerowi) zadań nie związanych bezpośrednio z podstawową działalnością danego podmiotu. Dzięki temu może on skupić swoje zasoby i środki finansowe na tych działaniach, w których osiąga przewagę konkurencyjną. Niewątpliwie podstawowym motywem wprowadzania w organizacji gospodarczej outsourcingu jest redukcja kosztów. Jednakże coraz większe znaczenie ma również dążenie do realizacji usług na coraz wyższym poziomie. Znalezienie dobrego usługodawcy daje dostęp do całkowicie nowej wiedzy, zwiększając równocześnie elastyczność organizacji w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu rynkowym. Podmioty zwłaszcza w obliczu nieuchronnych, ciągłych zmian coraz czę-

ściej korzystają z outsourcingu. Z badań przeprowadzonych na początku 2006 roku przez firmę Accenture w 250 największych polskich przedsiębiorstwach wynika, że w Polsce najczęściej outsourcingowi poddawane są następujące obszary działalności: informatyka, szkolenia i rozwój zawodowy oraz łańcuch dostaw [7]. Jest to zbliżone z wynikami osiąganymi w innych regionach świata [1]. W ostatnich latach outsourcing stał się jedną z najszybciej rozwijających się strategii, a rozpowszechnił się przede wszystkim w środowiskach branży technologii informacyjnych (ang. information technology – IT) [8]. W najprostszym ujęciu outsourcing IT, zwany również w literaturze outsourcingiem informatycznym, oznacza realizację szeroko rozumianych przedsięwzięć informatycznych poprzez zlecenie tego zadania wyspecjalizowanej firmie zewnętrznej.

Outsourcing w administracji publicznej, zarówno rządowej, jak i samorządowej ma swoją wyrażną specyfikę, odróżniającą od outsourcingu w sektorach działalności gospodarczej. W sektorach zorientowanych na prowadzenie komercyjnej działalności gospodarczej podstawą podejmowania konkretnych decyzji dotyczących korzystania z usług podmiotów zewnętrznych są kryteria ekonomiczne. Natomiast przy określaniu strategii i podejmowaniu konkretnych decyzji outsourcingowych przez jednostki administracji publicznej stosuje się inne podejścia i kryteria, ma to związek m.in. z publicznym charakterem usług społecznych i istniejącymi regulacjami prawnymi [3]. Fakt ten skłonił autorkę artykułu do zajęcia się tematem outsourcingu informatycznego w odniesieniu do jednostek samorządu terytorialnego. Zaobserwowano tu istnienie luki badawczej – jak dotąd wszelkie opracowania dotyczące outsourcingu IT dotyczyły jedynie przedsiębiorstw.

Autorka artykułu przeprowadziła analizę rynku usług informatycznych stosowanych w jednostkach samorządowych województwa zachodniopomorskiego. Przedstawione w artykule badania pokazują, że w większości objętych analizą jednostkach samorządowych wybór zakresu usług świadczonych przez firmy zewnętrzne opiera się na nie w pełni sprecyzowanych przesłankach. Często jedynym kryterium wyboru oferty jest tylko cena usługi. Wypracowanie wzorca obsługi informatycznej (ukierunkowanego na jakość i minimum kosztów) dla organizacji samorządowych może przyczynić się do racjonalizacji podejmowanych decyzji w tym zakresie.

2. Klasyfikacja rozmyta gmin ze względu na poziom korzystania z outsourcingu

Jak wspomniano wyżej, głównym celem badań było określenie stanu usług informatycznych w jednostkach samorządu terytorialnego. Badaniem objęte były wszystkie urzędy miejskie, miejsko-wiejskie i wiejskie województwa zachodniopomorskiego. Badanie przeprowadzono w formie wywiadu bezpośredniego, na potrzeby którego opracowano kwestionariusz liczący 22 pytania i podzielony na dwie części. Pierwsza część kwestionariusza zawierała pytania dotyczące ogólnej charakterystyki urzędu. Pytania te odnosiły się do stopnia informatyzacji urzędu oraz liczby zatrudnionych specjalistów z zakresu informatyki. Celem ich było także sprawdzenie czy urząd korzysta z usług podmiotów zewnętrznych w zakresie obsługi informatycznej (tj. czy występuje w urzędzie outsourcing informatyczny). Pytania zawarte w drugiej części kwestionariusza miały na celu umożliwienie analizy urzędów gminnych pod względem stosowania outsourcingu informatycznego w ich obsłudze. Po wyselekcjonowaniu z badanej zbiorowości grupy gmin, które korzystają z usług informatycznych świadczonych przez podmiot lub podmioty zewnętrzne, przystąpiono do badania cech charakteryzujących te usługi, wpływu stosowania obsługi zewnętrznej na działanie urzędów oraz oceny jakości usług przez respondentów reprezentujących jednostki samorządowe. W odniesieniu do tej części kwestionariusza liczebność badanej zbiorowości wyniosła 108, w pozostałych 6 jednostkach respondenci wykluczyli występowanie obsługi informatycznej ze

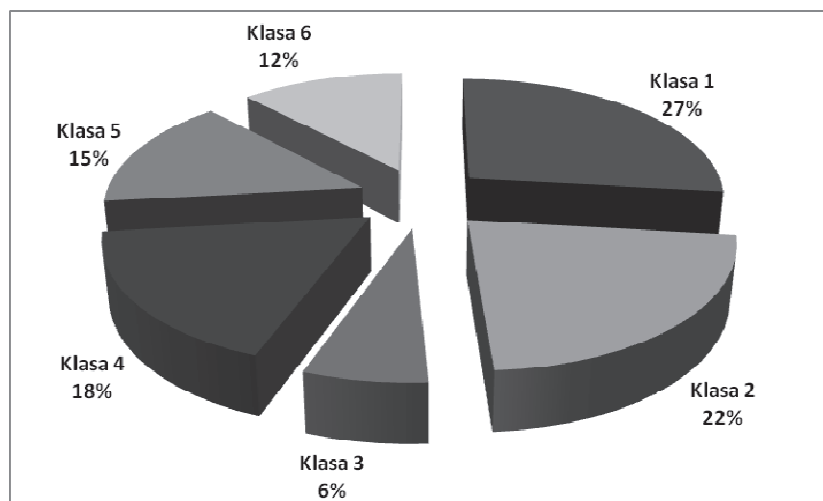
strony podmiotów zewnętrznych. Po zgromadzeniu danych z kwestionariuszy wywiadu dokonano weryfikacji formalnej i merytorycznej zebranego materiału oraz stworzono elektroniczną bazę danych.

Kolejnym krokiem, po dokonaniu analizy odpowiedzi udzielonych przez jednostki samorządowe na pytania zawarte w kwestionariuszu wywiadu (zastosowano tutaj klasyczne metody statystyczne), było sprawdzenie czy istnieją jakieś prawidłowości i podobieństwa w stosowaniu outsourcingu przez te organizacje. Poszukując odpowiedzi na powyższe pytanie autorka postanowiła pogrupować badane urzędy gminne stosując metodę klasyfikacji rozmytej FCM.

Klasyfikacja rozmyta jest uogólnieniem klasyfikacji zwykłej. Niesie ona ze sobą bogatsze informacje o konfiguracji zbioru obiektów niż klasyfikacja zwykła, dzięki temu należenie do klasy, jako zmienna zero-jedynkowa (1 – obiekt należy, 0 – obiekt nie należy), zostaje zastąpione pojęciem „przynależność do klasy”, który formalnie jest przedstawione za pomocą zmiennej ciągłej przyjmującej wartości z przedziału $\langle 0, 1 \rangle$. Klasyfikacja rozmyta pozwala na bardziej precyzyjny opis w przypadkach, gdy trudno jednoznacznie sklasyfikować obiekty. Ma to miejsce, gdy granice między klasami są „nieostre” lub klasy nie są dobrze separowalne. Najczęściej stosowaną metodą klasyfikacji rozmytej jest metoda c-środków (FCM). Idea tej metody została opracowana przez J.C. Dunna w 1973 r., a następnie uogólniona przez J.C. Bezdeka, którego uznaje się powszechnie za jej twórcę. Algorytm FCM jest algorytmem grupującym dane. Jego zadaniem jest podzielenie zbioru danych na określoną liczbę grup (jest to zadany parametr). Realizowane jest to poprzez znajdowanie prototypów grup (czyli środków) oraz obliczeniu dla każdego wektora wejściowego stopnia przynależności do danej grupy (jest to liczba z zakresu $\langle 0, 1 \rangle$ – pojęcie przynależności z logiki rozmytej). Algorytm działa następująco:

1. na początku inicjalizowane są losowo wektory prototypów grup,
2. obliczane są stopnie przynależności do grup poszczególnych wektorów
3. obliczane są nowe prototypy grup,
4. jeżeli osiągnięto zadaną liczbę iteracji lub dokładność kończy się algorytm, w przypadku przeciwnym następuje powrót do punktu 2 i kontynuacja obliczeń (por. [6]).

Na podstawie odpowiedzi udzielonych na pytania kwestionariusza wywiadu dotyczące ogólnej sytuacji w urzędzie w zakresie stopnia informatyzacji i zatrudnienia specjalistów z tego zakresu, 108 gmin zostało podzielonych, za pomocą algorytmu FCM, na sześć klas o liczebności od 7 do 29 gmin (taka liczba klas jest wynikiem szeregu eksperymentów przeprowadzonych przez autorkę, mających na celu uzyskanie tzw. stabilności rozwiązań). W sytuacji, gdy dana gmina należała do dwóch zbiorów rozmytych, odwzorowujących dwie różne klasy, zostawała ona przyporządkowana do klasy, dla której stopień przynależności był wyższy. Dodatkowo pytania zostały skumulowane w jeden atrybut warunkowy ($Q=\{q\}$), przyjmujący 6 różnych wartości ($q=1,2,3,4,5,6$), czyli tyle ile klas. Gminy w tych klasach różnią się liczbą pracowników, komputerów, liczbą zatrudnionych informatyków oraz faktem istnienia lub nie wyodrębnionych komórek organizacyjnych odpowiedzialnych za informatyzację danego urzędu. Udział procentowy gmin w poszczególnych klasach przedstawia rysunek 1.



Rysunek 1. Udział procentowy gmin w poszczególnych klasach

Źródło: Obliczenia własne.

Najliczniejszą zbiorowością okazała się **klasa 1** licząca 29 gmin. W klasie tej znalazły się urzędy zatrudniające największą liczbę pracowników (od 44 do 300 pracowników) i wyposażone w największą liczbę komputerów (od 38 do 300 komputerów). Urzędy należące do tej klasy zatrudniają przeważnie 1 lub 2 informatyków i w większości nie mają wyodrębnionej komórki organizacyjnej odpowiedzialnej za informatyzację urzędu.

Drugą pod względem liczebności jest **klasa 2** (24 gminy), w której znalazły się urzędy zatrudniające najmniej pracowników (w większości są to urzędy zatrudniające od 12 do 19 pracowników) i wyposażone w najmniejszą liczbę komputerów (od 7 do 22 komputerów). Urzędy należące do klasy 2 nie zatrudniają żadnych etatowych informatyków i w większości nie mają wyodrębnionej komórki organizacyjnej odpowiedzialnej za informatyzację urzędu.

Trzecią co do wielkości grupą gmin jest **klasa 4** licząca 19 gmin. Znalazły się w niej urzędy średniej wielkości zatrudniające od 25 do 43 osób. Należy zauważyć, że w tej klasie w większości urzędów jest mniej komputerów niż pracujących w nich urzędników. Urzędy należące do klasy 4 zatrudniają specjalistów z zakresu informatyki (1 etatowy informatyk), ale nie mają wyodrębnionych komórek organizacyjnych odpowiedzialnych za informatyzację urzędu.

Kolejną pod względem wielkości zbiorowością jest **klasa 5** (16 gmin), w której urzędy są niejednorodne pod względem liczby pracowników i komputerów. Większość urzędów należących do klasy 5 nie zatrudnia etatowych specjalistów z zakresu informatyki i nie posiadają one wyodrębnionych komórek organizacyjnych odpowiedzialnych za informatyzację urzędu.

W **klasie 6**, liczącej 13 gmin, przeważają urzędy zatrudniające niewielu pracowników (w większości są to urzędy zatrudniające od 12 do 24 osób) i wyposażone w odpowiednią do tego liczbę komputerów. Wszystkie urzędy należące do klasy 6 zatrudniają etatowych informatyków i jest to klasa o najwyższym odsetku odpowiedzi twierdzących na pytanie o istnienie wyodrębnionej komórki organizacyjnej odpowiedzialnej za informatyzację urzędu.

Najmniejszą zbiorowość stanowi **klasa 3** (7 gmin), w której znalazły się urzędy zatrudniające

niewielu pracowników (od 20 do 24 osób) i wyposażone w niedużą liczbę komputerów (od 23 do 37 komputerów), należy jednak zauważyć, że w tej klasie znajdują się urzędy, w których jest tyle samo lub więcej komputerów niż zatrudnionych urzędników. Urzędy należące do klasy 3 zatrudniają etatowych informatyków, ale nie mają wyodrębnionych komórek organizacyjnych odpowiedzialnych za informatyzację urzędu.

Algorytm grupujący FCM został zastosowany również w celu dokonania klasyfikacji rodzajowej outsourcingu informatycznego w badanych jednostkach samorządowych. Zmienna objaśniana, czyli typ outsourcingu, jest to zmienna skumulowana ($D=\{d\}$). Zawiera ona odpowiedzi na pytania kwestionariusza dotyczące outsourcingu IT w obsłudze jednostek samorządowych. Zmienna ta została podzielona na 3 klasy ($d=1,2,3$), z których każda określa konkretny rodzaj outsourcingu.

Do klasy pierwszej, liczącej 30 gmin, należą te urzędy, w których występuje tzw. **outsourcing zaawansowany**. Jest to taki rodzaj outsourcingu, w którym większość elementów systemu informatycznego urzędu jest obsługiwana przez podmioty zewnętrzne (biorące odpowiedzialność za ich sprawne działanie) lub przez podmioty zewnętrzne we współpracy z pracownikami urzędu. W klasie drugiej (36 gmin) znalazły się te urzędy, w których występuje tzw. **outsourcing częściowy**. Jest to taki rodzaj outsourcingu, w którym pewne elementy systemu informatycznego urzędu są częściej obsługiwane przez podmioty zewnętrzne (witryna WWW urzędu, oprogramowanie użytkowe, dostęp do Internetu) a inne częściej przez same urzędy (sieć lokalna, komputery, serwery, systemy składowania i zabezpieczania danych). W klasie trzeciej, która obejmuje 42 gminy (a więc jest najliczniejsza), zawarte są urzędy, w których występuje tzw. **outsourcing ograniczony**. Jest to taki rodzaj outsourcingu, w którym pewne elementy systemu informatycznego urzędu są najczęściej obsługiwane przez sam urząd (np. witryna WWW urzędu, sieć lokalna, komputery, systemy składowania i zabezpieczania danych) a tylko niektóre przez podmioty zewnętrzne (np. oprogramowanie użytkowe, dostęp do Internetu).

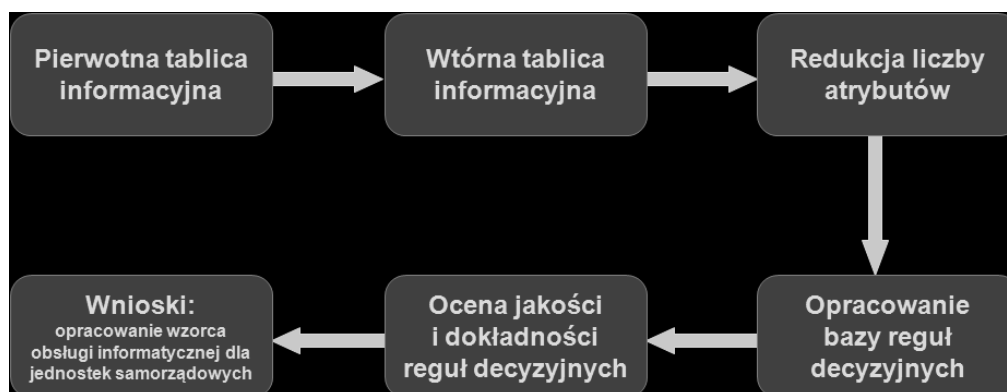
Przeprowadzone podziały gmin na klasy ze względu na ich ogólną sytuację (klasyfikacja pierwsza) oraz ze względu na rodzaj stosowanego rodzaju usług zewnętrznych (klasyfikacja druga) posłużyły w dalszej części badania do wykrycia, przy pomocy teorii zbiorów przybliżonych, reguł łączących te dwa podziały. Kolejny etap przyjętej procedury badawczej, czyli poszukiwanie ukrytych, niejawnych reguł decyzyjnych, które stanowiły podstawę wyboru outsourcingu informatycznego w badanych jednostkach samorządu terytorialnego, został zrealizowany dzięki zastosowaniu metody zbiorów przybliżonych.

3. Zbiory przybliżone w definiowaniu reguł zachowań rynkowych

W ciągu ostatnich dziesięcioleci miał miejsce duży postęp w technologiach informacyjnych i związanych z nimi metodach obliczeniowych. Dynamiczny rozwój inteligencji obliczeniowej (ang. computational intelligence) związany jest ściśle ze wzrostem ilości dostępnych danych. Dane te mogą być wyrażone zarówno w formie numerycznej, binarnej jak i w formie lingwistycznej, logicznej. Mogą się składać z uporządkowanych sekwencji elementów lub tablic i zawierać elementy opisane w bardzo nieprecyzyjny, subiektywny, czy wręcz zawierać luki. Do niedawna informacje słowne (np. wysoka jakość usługi, mały dochód firmy) nie były w ogóle stosowane w metodach opartych na matematyce konwencjonalnej [4]. Niebranie pod uwagę tych informacji ograniczało znacznie skuteczność i efektywność różnych metod modelowania, prognozowania, projektowania, sterowania itp. Zaczęto więc poszukiwać nowych metod, dzięki którym możliwe

byłoby wykorzystanie również tego typu informacji. Poszukiwania te przyczyniły się do opracowania przez Zdzisława Pawlaka na początku lat osiemdziesiątych podstaw reprezentacji wiedzy opartej na teorii zbiorów przybliżonych. Teoria zbiorów przybliżonych umożliwia rozwiązywanie rzeczywistych, trudnych problemów ekonomicznych poprzez znajdowanie powiązań istniejących między atrybutami warunkowymi (zmiennymi objaśniającymi) a atrybutami decyzyjnymi (zmiennymi objaśnianymi), ułatwiając w ten sposób podjęcie decyzji. Służy także jako narzędzie do analizy i redukcji zbiorów danych.

W ramach niniejszego artykułu przedstawiony został sposób wykorzystania zbiorów przybliżonych do stworzenia bazy reguł, która stanowi podstawę do podjęcia decyzji o zastosowaniu określonego typu zewnętrznych usług informatycznych w danej organizacji samorządowej (por. rysunek 2). Dane pozyskane w ramach badania ankietowego stanowią tzw. system informacyjny, który jest jednym z wielu sposobów przedstawiania informacji o obiektach charakteryzowanych przez ten sam zbiór cech. Systemem informacyjnym nazywamy uporządkowaną czwórkę $SI=(U, Q, V, f)$, gdzie U jest zbiorem obiektów (przykładów) i jest zwany uniwersum, Q jest zbiorem cech (atrybutów), $V=Uq \in Q$ i Vq jest zbiorem wszystkich możliwych wartości cech, natomiast $f: U \times Q \rightarrow V$ jest funkcją informacyjną [6].



Rysunek 2. Algorytm działań związanych z wnioskowaniem ze zbiorów przybliżonych

Źródło: Opracowanie własne.

Szczególnym przypadkiem systemu informacyjnego są tablice informacyjne. Tablicą informacyjną nazywamy uporządkowaną piątkę $T=(U, Q, D, V, f)$, gdzie D jest to zbiór cech (atrybutów) decyzyjnych. Tablicowy sposób reprezentacji danych posiada dwie zasadnicze cechy: uniwersalność, co oznacza, że pozwala na gromadzenie i przechowywanie różnorodnych danych oraz efektywność co oznacza, że umożliwia w łatwy sposób komputerową analizę tak zapisanych danych. Dane zgromadzone przez autorkę zostały w poprzednich etapach badania uporządkowane w postaci elektronicznej tabeli i stanowią pierwotną tablicę informacyjną, która następnie w wyniku przeprowadzonej dyskretyzacji została przekształcona we wtórna tablicę informacyjną (tabela 1).

Atrybut warunkowy q stanowi zmienną skumulowaną i może przyjmować wartości od 1 do 6, w zależności od przynależności danej gminy do klasy. Atrybut decyzyjny d stanowi również zmienną skumulowaną i przyjmuje wartości od 1 do 3, w zależności od realizowanego w danej

gminie typu outsourcingu. (d=1 – całkowity outsourcing, d=2 – częściowy outsourcing, d=3 – ograniczony outsourcing).

Tabela 1. Fragment wtórnej tablicy informacyjnej

U	q	d
p1	2	2
p2	3	3
p3	1	3
p4	3	3
p5	5	3
p6	2	2
p7	1	2
:	:	:
p108	3	1

gdzie:
 U – zbiór przykładów (obiektów)
 $U = \{p1, p2, p3, \dots, p108\}$
 Q – zbiór atrybutów warunkowych
 $Q = \{q\}$
 D – zbiór atrybutów decyzyjnych
 $D = \{d\}$

Źródło: Obliczenia własne.

Analizując dane zawarte we wtórnej tabeli informacyjnej można zauważyć, że przykłady (obiekty) w niej występujące można pogrupować według wartości atrybutu warunkowego q. Przykłady w ramach jednej grupy są wtedy nierozróżnialne ze względu na wartość tego atrybutu (tabela 2). Tak więc, relacją P-nierozróżnialności nazywamy relację \tilde{P} określoną na przestrzeni $U \times U$, spełniającą zależność:

$$x_a \tilde{P} x_b \Leftrightarrow \forall q \in P; f_{x_a}(q) = f_{x_b}(q), \tag{1}$$

w której $x_a, x_b \in U, P \subseteq Q$.

Relacja nierozróżnialności \tilde{P} w przestrzeni U jest relacją równoważności, gdyż jest relacją:

- zwrotną,
- symetryczną,
- przechodnią.

Tabela 2. Przykłady obiektów nierozróżnialnych ze względu na wartości atrybutu warunkowego

Obiekty	q	Obiekty	q	Obiekty	q	Obiekty	q	Obiekty	q	Obiekty	q
p3	1	p1	2	p2	3	p20	4	p5	5	p16	6
p7	1	p6	2	p4	3	p24	4	p8	5	p17	6
p12	1	p9	2	p23	3	p30	4	p11	5	p18	6
p25	1	p10	2	p29	3	p35	4	p14	5	p27	6
p28	1	p13	2	p44	3	p38	4	p15	5	p33	6
p31	1	p19	2	p63	3	p39	4	p21	5	p40	6
p32	1	p22	2	p108	3	p43	4	p26	5	p41	6

Źródło: Obliczenia własne.

Relacja równoważności dzieli zbiór, w którym jest określona, na rodzinę rozłącznych podzbiórów zwanych klasami abstrakcji tej relacji lub też zbiorami elementarnymi E_i . W opisywanym przez autorkę artykule badaniu przykładowy zbiór elementarny E_1 zawiera wszystkie obiekty, dla których wartość atrybutu warunkowego $q=1$: {p3, p7, p12, p25, p28, p31, p32, p34, p36, p37, p42, p45, p46, p50, p51, p52, p54, p56, p62, p64, p66, p77, p84, p88, p95, p97, p99, p100, p106}. Rodzinę wszystkich klas abstrakcji \tilde{P} w przestrzeni U oznaczamy przez P^* .

P -definiowalnym zbiorem P^* (zbiorem dokładnym) jest każdy zbiór przykładów, który da się rozłożyć na P -elementarne (P -identyczne) zbiory przykładów. Każda suma logiczna P -elementarnych zbiorów E_i jest zbiorem (rodziną) P^* P -definiowalną [5]. Każdy zbiór, który nie jest skończoną sumą P -elementarnych zbiorów E_i jest zbiorem przybliżonym.

Zgromadzone w tabeli wtórnej obiekty można również pogrupować według wartości decyzyjnej d . W teorii zbiorów przybliżonych grupy te określa się mianem konceptów decyzyjnych. Konceptami decyzyjnymi X_i nazywamy te zbiory przykładów p_i , którym odpowiada ta sama wartość decyzyjnej d_i [5]. W przedstawionym przypadku można wyróżnić trzy koncepty decyzyjne, bowiem atrybut decyzyjny d może przyjmować trzy różne wartości tj. 1, 2 lub 3. Tak więc koncept decyzyjny X_1 zawiera wszystkie te przykłady (obiekty) dla których $d=1$:

$X_1 = \{p8, p14, p26, p48, p49, p53, p57, p58, p60, p70, p71, p73, p74, p78, p79, p80, p81, p82, p83, p84, p88, p90, p93, p94, p96, p102, p103, p104, p105, p108\}$,

koncept decyzyjny X_2 zawiera wszystkie te przykłady dla których $d=2$:

$X_2 = \{p1, p6, p7, p9, p10, p11, p12, p13, p17, p18, p19, p20, p21, p22, p24, p25, p27, p28, p31, p32, p43, p50, p52, p54, p55, p59, p62, p63, p64, p66, p67, p75, p77, p86, p91, p107\}$,

a koncept decyzyjny X_3 zawiera wszystkie te przykłady dla których $d=3$:

$X_3 = \{p2, p3, p4, p5, p15, p16, p23, p29, p30, p33, p34, p35, p36, p37, p38, p39, p40, p41, p42, p44, p45, p46, p47, p51, p56, p61, p65, p68, p69, p72, p76, p85, p87, p89, p92, p95, p97, p98, p99, p100, p101, p106\}$.

Kolejnym etapem analizy przy użyciu teorii zbiorów przybliżonych jest redukcja atrybutów warunkowych. Zbiór atrybutów P ($P \subseteq Q$) jest bezwzględnie niezależny w systemie informacyjnym $S = \langle U, \tilde{Q} \rangle$, jeżeli nie istnieje taki jego podzbiór $R \subset P$, który posiada relację \tilde{R} nierozróżnialności zbiorów elementarnych identyczną z relacją \tilde{P} zbioru P . Warunkiem niezależności: $\tilde{R} \neq \tilde{P}$. Jeżeli istnieje taki minimalny i niezależny podzbiór R zbioru P , który posiada identyczną relację nierozróżnialności (identyczną rodzinę zbiorów elementarnych E_i) $\tilde{R} = \tilde{P}$, to podzbiór R nazywa się bezwzględnym reduktem zbioru P . Jeżeli istnieje trzeci zbiór B , taki że: $R \subset P \subset B \subseteq Q$, to zależność k tego zbioru B zarówno od P , jak i jego reduktu R jest identyczna:

$$\begin{matrix} \mathbb{P} & \xrightarrow{\mathbb{M}} & \mathbb{P} \\ \mathbb{P} & \xrightarrow{\mathbb{M}} & \mathbb{P} \end{matrix}$$

Zbiór atrybutów warunkowych P jest niezależny ze względu na zbiór atrybutów decyzyjnych D (zbiór P jest D -niezależny), jeżeli nie istnieje żaden taki jego podzbiór $R \subset P$, dla którego zachodzi:

$$Pos_{\tilde{P}}(D^*) = Pos_{\tilde{R}}(D^*). \quad (2)$$

Jeżeli istnieje taki podzbiór $R \subset P$, dla którego powyższy warunek jest spełniony, to zbiór P jest D -zależny i da się zredukować. Zbiór $R \subset P$ jest (względny) reduktem zbioru P ze względu na zbiór D (jest D -reduktem zbioru P), jeżeli jest on (zbiór R) najmniejszym D -niezależnym podzbiorem zbioru P . Zachodzi wówczas:



Redukt R warunkuje zbiór decyzyjny D w identycznym stopniu k jak zbiór P .

Bezwzględny rdzeniem $CORE(P)$ zbioru P atrybutów nazywa się zbiór wszystkich atrybutów q_i nieusuwalnych z P :

$$CORE(P) = \{q_i \in P : \widetilde{P - \{q_i\}} \neq \tilde{P}\}. \tag{3}$$

Natomiast atrybutami redundantnymi (nadmiarowymi, zbędnymi) nazywamy te atrybuty q_i , których usunięcie z tablicy decyzyjnej nie powoduje zmiany wartości decyzji d_i .

W omawianych badaniach – ze względu na przeprowadzoną wcześniej klasyfikację – liczba atrybutów warunkowych została ograniczona do jednego. W efekcie od razu można było przystąpić do opracowania bazy reguł decyzyjnych na podstawie wtórnej tabeli informacyjnej. Dokonano tego za pomocą programu „Analiza danych przy użyciu zbiorów przybliżonych” działającego w środowisku Matlab 6.0.

Należy w tym miejscu wyjaśnić kolejne pojęcie związane z teorią zbiorów przybliżonych, jest nim pojęcie reguły decyzyjnej. Niech $DT = \langle U, C, D, v, f \rangle$ będzie tablicą decyzyjną. Funkcję $g: C \cup D \rightarrow V$ nazywa się regułą w DT jeżeli istnieje $x \in U$ taki, że $g = f_x$. Obcięcie g do C i g do D , co zapisuje się jako $g|C$ i $g|D$, nazywa się odpowiednio warunkami i decyzjami reguły decyzyjnej g . Reguła decyzyjna $g = f_x$ w tablicy decyzyjnej DT jest deterministyczna, gdy dla każdego $x, y \in U$, $x \neq y$, $f_x|C = f_y|C$ implikuje $f_x|D = f_y|D$; w przeciwnym wypadku reguła decyzyjna g jest niedeterministyczna [2].

W przedstawionej poniżej tabeli 3 podano dodatkowo następujące charakterystyki liczbowe:

- wsparcie reguły – jest to liczba przykładów popierająca daną regułę,
- siła reguły – jest to stosunek liczba przykładów popierających daną regułę do liczby wszystkich przykładów,
- pewność reguły – przyjmuje wartości od 0 do 1, przy czym wartość 1 oznacza, że dana reguła jest w 100% pewna,
- w ostatniej kolumnie wymieniono przykłady popierające daną regułę.

W wyniku przeprowadzonej analizy otrzymano osiemnaście reguł, których liczbę – po uproszczeniu reguł i połączeniu ze sobą reguł podobnych – ograniczono do sześciu:

1. Jeżeli ($q=1$) to ($d=1$) [6,90%] lub ($d=2$) [17,03%] lub ($d=3$) [76,07%]
2. Jeżeli ($q=2$) to ($d=1$) [68,90%] lub ($d=2$) [22,77%] lub ($d=3$) [8,33%]
3. Jeżeli ($q=3$) to ($d=1$) [14,29%] lub ($d=2$) [71,43%] lub ($d=3$) [14,28%]
4. Jeżeli ($q=4$) to ($d=1$) [10,53%] lub ($d=2$) [46,73%] lub ($d=3$) [42,74%]
5. Jeżeli ($q=5$) to ($d=1$) [75,00%] lub ($d=2$) [12,50%] lub ($d=3$) [12,50%]
6. Jeżeli ($q=6$) to ($d=1$) [7,69%] lub ($d=2$) [38,46%] lub ($d=3$) [53,85%]

W przypadku każdej reguły, w nawiasach kwadratowych podano dodatkowo w ilu procentach przypadków podjęta została dana decyzja przy danej wartości atrybutu warunkowego. Interpretacja ekonomiczna przykładowej reguły wygląda następująco – reguła 1:

$$\text{Jeżeli } (q = 1) \text{ to } \begin{cases} (d = 1) [6,90\%] & \text{(zaawansowany outsourcing)} \\ (d = 2) [17,03\%] & \text{(częściowy outsourcing)} \\ (d = 3) [76,07\%] & \text{(ograniczony outsourcing)} \end{cases}$$

Jeżeli gmina została zakwalifikowana do klasy 1 (tzn. urząd zatrudnia dużą liczbę pracowników, w tym zatrudnia 1 lub 2 informatyków, posiada dużą liczbę komputerów), to powinno być rozważone zastosowanie outsourcingu ograniczonego.

Tabela 3. Przykłady obiektów nierozróżnialnych ze względu na wartości atrybutu warunkowego

Reguły	Atrybuty	Decyzja	Wsparcie reguły	Siła reguły	Pewność reguły	Przykłady popierające regułę
	q	d				
R1	2	2	10	0,093	0,420	p1, p6, p9, p10, p13, p19, p22, p55, p67, p75
R2	3	3	5	0,046	0,710	p2, p4, p23, p29, p44
R3	1	3	14	0,130	0,480	p3, p34, p36, p37, p42, p45, p46, p51, p56, p95, p97, p99, p100, p106
R4	5	3	2	0,019	0,130	p5, p15
R5	1	2	13	0,120	0,450	p7, p12, p25, p28, p31, p32, p50, p52, p54, p62, p64, p66, p77
R6	5	1	12	0,110	0,750	p8, p14, p26, p48, p49, p74, p80, p82, p93, p94, p103, p104
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
R18	3	1	1	0,009	0,140	p108

Źródło: Obliczenia własne.

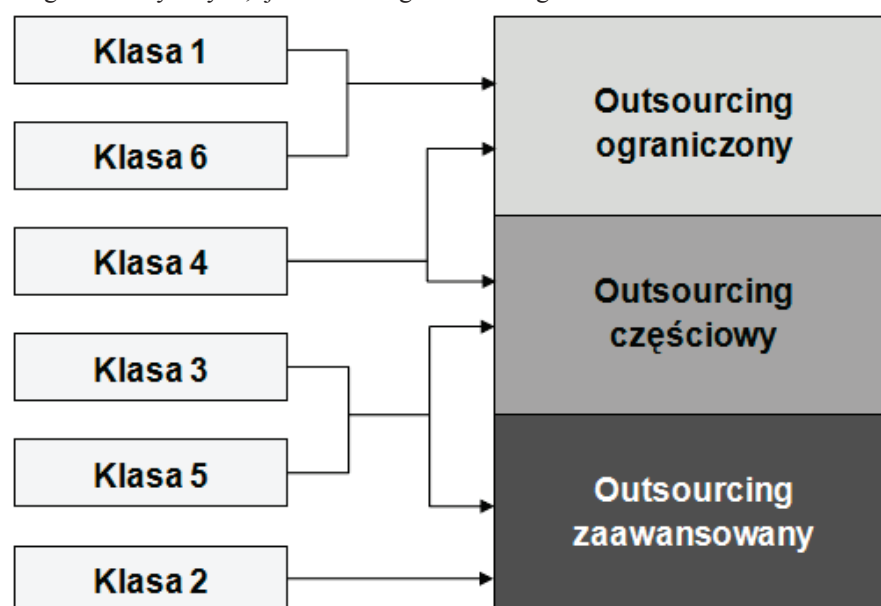
4. Wzorzec obsługi informatycznej organizacji samorządowych

Na podstawie otrzymanych reguł oraz analizy dokonanego podziału gmin na klasy stworzono wzorzec obsługi informatycznej organizacji samorządowych (rysunek 3). Według powyższego wzorca gmina, która została zakwalifikowana do klasy 1 powinna rozważyć zastosowanie outsourcingu ograniczonego lub częściowego. Ograniczony outsourcing jest to taki rodzaj outsourcingu, w którym pewne elementy systemu informatycznego urzędu są najczęściej obsługiwane przez sam urząd (np. witryna www urzędu, sieć lokalna, komputery, systemy składowania i zabezpieczania danych) a tylko niektóre przez podmioty zewnętrzne (np. oprogramowanie użytkowe, dostęp do Internetu). Natomiast outsourcing częściowy jest to taki rodzaj outsourcingu, w którym pewne elementy systemu informatycznego urzędu są częściej obsługiwane przez podmioty zewnętrzne (witryna www urzędu, oprogramowanie użytkowe, dostęp do Internetu) a inne częściej przez same urzędy (sieć lokalna, komputery, serwery, systemy składowania i zabezpieczania danych).

Gmina, która znalazła się w klasie 2 ma do wyboru albo outsourcing częściowy albo całkowity. Outsourcing całkowity jest to taki rodzaj outsourcingu, w którym większość elementów systemu informatycznego urzędu jest obsługiwana przez podmioty zewnętrzne (biorące odpowiedzial-

ność za ich sprawne działanie) lub przez podmioty zewnętrzne we współpracy z pracownikami urzędu.

W przypadku gmin przyporządkowanych do klas 3, 4 i 6 należy rozważyć zastosowanie takiego zakresu usług, który jest właściwy dla outsourcingu ograniczonego. Z kolei dla gmin w klasie 5 wybór wzorca obsługi informatycznej sprowadza się do skorzystania z najszerszego zakresu usług informatycznych, tj. outsourcingu całkowitego.



Rysunek 3. Wzorzec obsługi informatycznej organizacji samorządowych

Źródło: Opracowanie własne.

5. Podsumowanie

Przedstawione w artykule badania koncentrowały się na analizie rynku w zakresie wyboru rodzaju profesjonalnych usług informatycznych w urzędach gminy województwa zachodniopomorskiego. Aby zrealizować cel podjętych badań autorka opracowała oryginalną trój etapową procedurę badawczą oraz podjęła próbę zastosowania teorii zbiorów przybliżonych w badaniu rynku usług informatycznych. Otrzymane wyniki pozwalają na stwierdzenie, że zastosowana w badaniach metoda sztucznej inteligencji tj. metoda zbiorów przybliżonych może być z powodzeniem stosowana w praktyce jako skuteczne narzędzie analiz ekonomicznych. Zaprezentowany wzorzec został skonstruowany w celu ułatwienia podjęcia decyzji dotyczącej wyboru zakresu obsługi informatycznej przez osoby odpowiedzialne za informatyzację urzędów gminnych, które poszukują dla danego urzędu najlepszego rozwiązania.

Bibliografia

- [1] Gay Ch. L., Essinger J., *Ousourcing strategiczny. Koncepcje, modele i wdrażanie*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2002.
- [2] Mrózek A., Płonka L., *Analiza danych metodą zbiorów przybliżonych. Zastosowania w ekonomii, medycynie i sterowaniu*, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa 1999.
- [3] Oleński J., *Ousourcing w e-administracji. Korzyści ekonomiczne i granice outsourcingu w e-administracji*, Materiały z II Forum Informatyki w Administracji, Warszawa 2004, http://www.e-administracja.org.pl/baza_wiedzy/pliki/Olenski_Jozef_outsourcing.pdf.
- [4] Piegat A., *Modelowanie i sterowanie rozmyte*, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 1999.
- [5] Piegat A., *Zastosowania zbiorów przybliżonych w ekonomii*, wykłady – rękopis powielony, Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2005/2006.
- [6] Rutkowski L., *Metody i techniki sztucznej inteligencji*, PWN, Warszawa 2005.
- [7] Sobińska M., *Zarządzanie outsourcingiem informatycznym*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 2008.
- [8] Trocki M., *Ousourcing. Metoda restrukturyzacji działalności gospodarczej*, PWE, Warszawa 2001.

**APPLICATION OF ROUGH SET THEORY IN IDENTIFICATION OF MARKET
BEHAVIOUR RULES IN SELF-GOVERNMENT ENTITIES OF
ZACHODNIOPOMORSKIE VOIVODSHIP**

Summary

The paper presents the problem of outsourcing IT in self-government entities of zachodniopomorskie voivodship. The main stress is laid on the method which was used in the research – the rough set theory. This method was applied to identification of market behavior rules of examined organizations, on the basis of which, during further research, a model of information service for self-government entities was constructed. This model is supposed to make taking right decision for local authorities easier.

Keywords: rough set theory, IT services, outsourcing IT, self-government administration, self-government entity

Agata Wawrzyniak
Instytut Informatyki w Zarządzaniu
Uniwersytet Szczeciński
ul. Mickiewicza 64, 71-101 Szczecin
e-mail: agata.wawrzyniak@wneiz.pl