



*mgr Grzegorz Szyjewski*

# **Organizacja uwierzytelniania internetowych transakcji biznesowych**

Autoreferat pracy doktorskiej napisanej pod kierunkiem  
prof. zw. dr hab. inż. Ryszarda Budzińskiego

## **Recenzenci:**

prof. dr hab. inż. Ludosław Drelichowski

dr hab. Jakub Swacha, prof. US

## Spis treści

1.	Problem badawczy .....	3
2.	Cel i hipoteza pracy .....	4
3.	Układ pracy .....	6
4.	Procedura badawcza.....	8
5.	Model doboru metody uwierzytelniania .....	17
6.	Wybrane wyniki badań.....	18
7.	Publikacje własne .....	21
8.	Wybrane pozycje literaturowe .....	22

*Praca naukowa współfinansowana przez Unię Europejską, w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego i Budżetu Państwa, Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki Priorytetu VIII, Działanie 8.2 Transfer wiedzy, Poddziałanie 8.2.2 „Regionalne Strategie Innowacji”, projektu systemowego realizowanego przez Wojewódzki Urząd Pracy w Szczecinie „Inwestycja w wiedzę motorem rozwoju innowacyjności w regionie - II edycja”.*

## 1. Problem badawczy

Komunikacja w Internecie jest kluczowym elementem, stanowiącym o jego popularności oraz możliwościach i sposobach wykorzystania. W tym obszarze, można zaobserwować szereg zmian jakie miały miejsce wraz z rozwojem sieci Internet, takich jak forma oraz kierunek przepływu informacji. W początkowej fazie istnienia WWW<sup>1</sup>, komunikacja była głównie jednokierunkowa. Z biegiem czasu coraz częściej zmieniał się przepływ informacji, z jedno na dwukierunkową. To oznaczało, że masowi użytkownicy Internetu przestają być jedynie odbiorcami ale zaczynają mieć też realny wpływ na zamieszczaną zawartość. Efektem tych działań było pojawienie się w 2004 roku pojęcia Web 2.0<sup>2</sup> Wprowadzenie dwukierunkowego przepływu informacji, znacząco zmieniło sposób wykorzystania Internetu przez użytkowników. Stali się oni bowiem częścią struktury, w której poszczególne strony mają możliwość wpływu na działanie innych. Zwiększyła się więc zależność pomiędzy stronami, pomiędzy którymi następuje przepływ informacji.

Sytuacja, w której jedna z komunikujących się zdalnie stron, ma możliwość kreowania działań drugiej strony lub prowadzi do zmiany aktualnego stanu rzeczy, może być określona mianem transakcji. Taka wirtualna komunikacja, może zatem nieść za sobą wymierne, niewirtualne skutki. Efekt działań może być pozytywny jak w przypadku serwisów, które osiągnęły sukces dzięki otwarciu się na użytkownika. Niestety może być on również negatywny, wynikający z realizacji błędnych działań, zainicjowanych przez fałszywy komunikat elektroniczny. Podstawą staje się więc zaufanie obu komunikujących się stron, które przekłada się na bezpieczeństwo realizowanej przez nie transakcji.

W celu minimalizacji ryzyka związanego z realizacją transakcji biznesowych, strony biorące w nich udział, wykorzystują element autoryzacji<sup>3</sup>. Takie działanie ma na celu uwiarygodnienie ustalonych w trakcie realizacji transakcji danych. W tradycyjnych warunkach uwierzytelnianie odbywa się przy osobistym udziale stron, które potwierdzają zgodność transakcji (najczęściej) poprzez własnoręczny podpis. W przypadku gospodarki

---

<sup>1</sup> ang. Word Wide Web, usługa spopularyzowana w 1989 roku, wykorzystująca architekturę klient-serwer, umożliwia wykorzystanie Internetu przez masowego użytkownika, będącego odbiorcą informacji. W języku polskim określana potocznie jako „strona internetowa”

<sup>2</sup> Pojęcie Web 2.0 zostało wykorzystane po raz pierwszy na konferencji O'Reilly Media i posłużyło do określenia innowacyjnych metod wykorzystania zasobów internetowych. Polegało ono na użyciu aplikacji internetowych, nie tylko jako medium jednokierunkowego przekazu, ale również jako platforma informacji zamieszczanej przez samych użytkowników.

<sup>3</sup> Autoryzacja lub uwierzytelnianie jest to proces polegający na sprawdzeniu tożsamości strony komunikacji zgodnie z podawanymi parametrami. Autoryzacja może być realizowana zdalnie, co jest przedmiotem rozważań w pracy lub osobiście, poprzez okazanie odpowiednich dokumentów potwierdzających autentyczność danych.

elektronicznej, nie ma fizycznej możliwości wzajemnej, osobistej weryfikacji tożsamości stron biorących w niej udział. Pojawia się więc problem wiarygodności transakcji, która realizowana jest w sposób zdalny. Ta sytuacja sprawia, że tego typu transakcje, bardzo często nie są traktowane jako wiążące, z uwagi na ograniczone możliwości weryfikacji stron. Jest to znacząca blokada rozwoju gospodarki elektronicznej, która mogłaby działać w oparciu o procesy realizowane w formie zdalnej. Można zatem uznać, że cechą szczególną transakcji biznesowych, realizowanych przy użyciu sieci Internet, jest ograniczona możliwość uwierzytelnienia użytkownika. Wynika z tego problem: **w jaki sposób efektywnie i wiarygodnie zweryfikować tożsamość użytkownika, biorącego udział w procesie realizowanym w sposób zdalny, z wykorzystaniem sieci komputerowej.**

## 2. Cel i hipoteza pracy

Każdy proces biznesowy zawiera w sobie czynność(i) związane z realizacją transakcji, podczas której dochodzi do komunikacji stron biorących w niej udział. Jest to element, gdzie następuje wymiana informacji pomiędzy jednostkami, która następnie wpływa na ich kolejne działania w ramach procesu. W przypadku realizacji procesu w formie zdalnej, komunikacja w transakcjach również musi być realizowana w tej formie. W innym przypadku proces zostałby zatrzymany i dalsze czynności nie zostałyby nigdy dokończone. Każda bezpieczna forma prowadzenia komunikacji, wymaga zastosowania uwierzytelniania stron. Dzięki takiemu działaniu, strony uzyskują do siebie zaufanie. To daje pewność, że operacje zrealizowane na skutek zaistniałej komunikacji, są czynnościami pożądanymi przez obie strony. W przypadku komunikacji elektronicznej, występują różne możliwości weryfikacji stron transakcji. Na rynku istnieje wiele metod zdalnego uwierzytelniania, wykorzystujących różne sposoby działania oraz opierających się o różne formy klucza autoryzującego. W zależności od indywidualnych cech, charakteryzujących metodę uwierzytelniania, prezentuje ona różny poziom bezpieczeństwa, dostępności czy uniwersalności działania. Elementy te wpływają na wiele różnych czynników związanych z jej wykorzystaniem, od przyjazności dla użytkownika po generalną możliwość wykorzystania w konkretnym przypadku. Różnorodność metod jakie mogą być zastosowane do poszczególnych transakcji, sprawia że pojawia się **problem wyboru konkretnego rozwiązania, adekwatnego do wagi i rodzaju podejmowanej komunikacji.** Implementacja metody nieadekwatnej pod kątem skomplikowania, do rodzaju realizowanej transakcji, może prowadzić do takiej samej blokady realizacji procesu, jak w przypadku całkowitego braku komunikacji. Z drugiej strony

wykorzystanie prostej i dostępnej metody, może nie gwarantować wystarczającego poziomu bezpieczeństwa, jaki powinien zostać zachowany podczas realizacji transakcji. Problemem staje się dobór metody zdalnego uwierzytelniania, spełniającej wymagania niezbędne do realizacji procesu biznesowego.

Celem pracy jest **opracowanie modelu doboru metod uwierzytelniania stron, podczas realizowania transakcji biznesowych, z wykorzystaniem teleinformatycznych kanałów komunikacji**. Przedstawiony model bazuje na analizie stosowalności różnych metod, adekwatnych do klasy realizowanego procesu. Do osiągnięcia głównego celu pracy, realizowane są również cele szczegółowe, którymi są:

- przegląd istniejących na rynku metod zdalnego uwierzytelniania oraz ich klasyfikacja do grup, prezentujących ten sam zestaw atrybutów, wynikających ze sposobu funkcjonowania metody,
- określenie wspólnych cech dla wydzielonych grup metod oraz opracowanie definiujących ich cech szczegółowych,
- opracowanie macierzy oceny cech, dla każdej z wydzielonych grup metod zdalnego uwierzytelniania,
- zebranie danych dotyczących praktycznego wykorzystania oraz ogólnego postrzegania metod zdalnego uwierzytelniania przez użytkowników Internetu (badanie ankietowe),
- przygotowanie bazy wiedzy, z użyciem macierzy oceny cech dla grup metod oraz danych pozyskanych od ekspertów w dziedzinie zdalnego uwierzytelniania.

W pracy weryfikowana jest hipoteza, że **zastosowanie adekwatnej metody zdalnego uwierzytelniania, której dobór oparty jest na wypracowanej procedurze oraz modelu wykorzystującym bazę wiedzy eksperckiej, usprawni i uwiarygodni realizację procesów biznesowych w Internecie**. Przyjęta procedura badawcza zakłada realizację kolejnych etapów, których rezultatem jest powstanie modelu, wykorzystującego wielokryterialne metody podejmowania decyzji, działające w oparciu o bazę wiedzy eksperckiej. Prace zrealizowane zostały według przyjętego harmonogramu, którego zadania prowadziły do przygotowania macierzy oceny, wykorzystania jej w celu zebrania danych eksperckich oraz implementacji w modelu doboru metody uwierzytelniania.

### 3. Układ pracy

Praca składa się z czterech rozdziałów, wstępu oraz podsumowania. Dodatkowymi elementami są spisy: rysunków, schematów, wykresów oraz literatury.

Pierwszy rozdział pracy opisuje istotę zarządzania z wykorzystaniem podejścia procesowego, które umożliwia łatwą identyfikację miejsc występowania interakcji, pomiędzy jednostkami biorącymi w niej udział. Na różnych etapach procesu biznesowego występuje komunikacja, która może być realizowana przy użyciu narzędzi teleinformatycznych z wykorzystaniem metod zdalnego uwierzytelniania. Są to transakcje, których wykonanie często definiuje dalszą drogę realizacji procesu biznesowego. Ich nieprawidłowa realizacja poprzez zastosowanie błędnego doboru metody uwierzytelniania, może spowodować blokadę możliwości realizacji całego procesu. Prawidłowe zidentyfikowanie transakcji w procesie biznesowym oraz określenie ich charakterystyki, pozwala na zdefiniowanie wymagań i preferencji wobec metody zdalnego uwierzytelniania, jaka powinna być zastosowana do weryfikacji uczestników zdalnie realizowanego procesu. Rozdział ten przedstawia również samą potrzebę stosowania metod uwierzytelniania, w transakcjach biznesowych. Jej zignorowanie lub niepoprawna realizacja, może prowadzić do poważnych konsekwencji, zarówno prawnych jak i finansowych. Zakończeniem rozdziału jest porównanie czynności uwierzytelniania, prowadzonej w warunkach komunikacji tradycyjnej oraz elektronicznej.

W rozdziale drugim dokonany został przegląd metod, w celu zdefiniowania grup metod zdalnego uwierzytelniania. Przedstawiona została ogólna idea uwierzytelniania, oparta na jednym z trzech kluczowych elementów: „*co kto wie*”, „*kim jest*” lub „*co posiada*”. Zaprezentowany w tym rozdziale model uwierzytelniania z wykorzystaniem klucza autoryzacji, jest elementem podstawowym, przez co często przywoływanym w kolejnych częściach pracy. Z uwagi na występowanie na rynku wielu różnych rozwiązań, mających na celu potwierdzenie wiarygodności z wykorzystaniem różnych mediów, niezbędne było wykonanie ich przeglądu. W wyniku przeprowadzonych analiz, wydzielono grupy metod zdalnego uwierzytelniania, do których klasyfikowane mogą być pojedyncze rozwiązania szczegółowe uwierzytelniania użytkownika. Utworzone grupy oraz atrybuty określające metody w nich występujące, zostały opisane w sposób ogólny oraz szczegółowy, na przykładzie wybranej referencyjnej metody z każdego zbioru. Na potrzeby analizy oceny metod uwierzytelniania, wykonana została ankieta wśród użytkowników Internetu. Dane do tego badania zostały zebrane od grupy blisko 300-tu losowo dobranych użytkowników sieci z całej Polski.

W rozdziale trzecim wykonana została szczegółowa analiza funkcjonalna i techniczna metod zdalnego uwierzytelniania, uwzględniająca: uwarunkowania techniczne, programowe i organizacyjne, stopień skomplikowania oraz realizowane funkcje. Przedstawione zostały poszczególne cechy charakteryzujące każdą z grup metod oraz zależności, jakie pomiędzy nimi występują. Innym istotnym elementem uwierzytelniania, jest również wpływ medium użytego w metodzie na: wymagania, możliwości i ograniczenia użytkownika podczas realizacji procesu uwierzytelniania. Została przedstawiona zależność poszczególnych cech charakteryzujących grupę metod na końcową funkcjonalność rozwiązania procedury uwierzytelniania. Każda z cech została również dokładnie scharakteryzowana poprzez zestaw cech szczegółowych, wykorzystanych następnie w macierzy oceny. Rozdział zawiera również analizę możliwości wykorzystania metod, funkcjonujących aktualnie w administracji publicznej, które stają się standardem uwierzytelniania we wszystkich transakcjach realizowanych w formie zdalnej. Końcowym elementem tej części pracy, jest dokładny opis kolejnych kroków przyjętej procedury badawczej, mającej na celu budowę modelu doboru metody uwierzytelniania do konkretnej transakcji biznesowej.

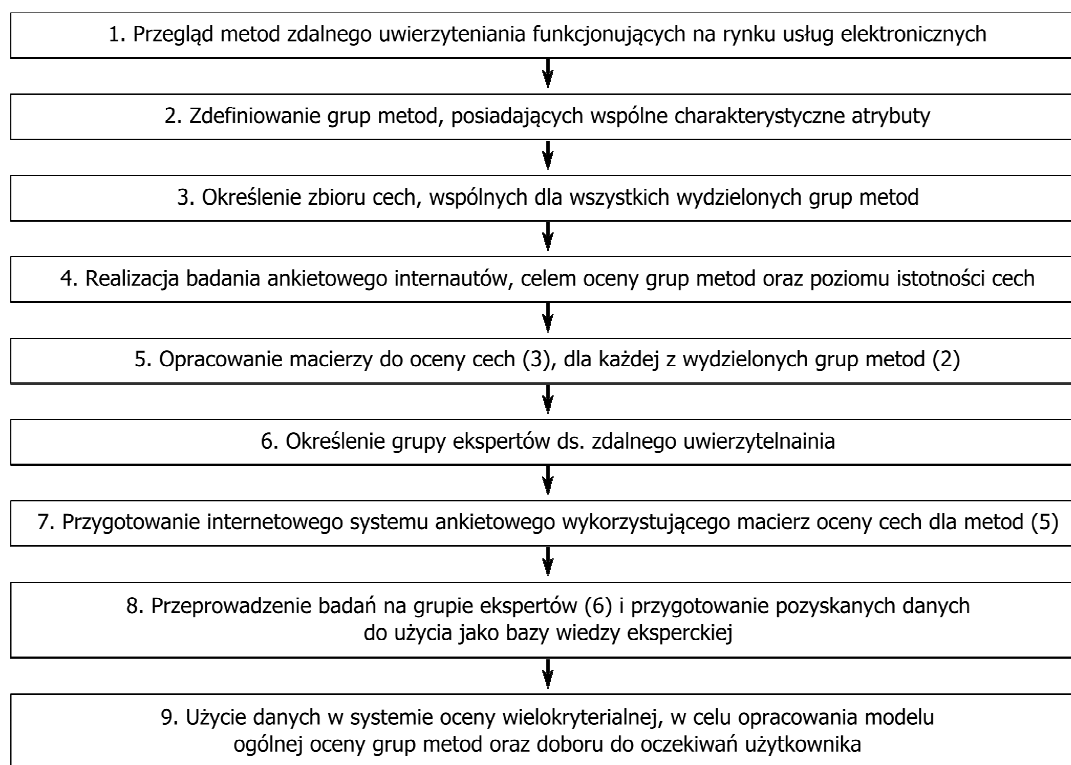
Ostatni rozdział pracy prezentuje oryginalny model procedury doboru metod zdalnego uwierzytelniania. Przedstawione zostały kluczowe elementy, służące do pozyskania danych eksperckich, takie jak: macierz oceny oraz autorski system ankietowy, skierowany do ekspertów z zakresu komunikacji zdalnej. Zaprezentowane zostało drzewo decyzyjne, stanowiące podstawę działania modelu doboru metody zdalnego uwierzytelniania z wykorzystaniem bazy wiedzy eksperckiej. Drzewo decyzyjne określa układ oraz wpływ poszczególnych cech i towarzyszących im preferencji, na końcową wartość oceny każdej z grup metod. Działanie modelu wykorzystuje System wspomaganie decyzji DSS 2.0, który został użyty jako narzędzie do wykonania szczegółowych obliczeń w modelu. System DSS wykorzystuje pojedyncze metody wspomaganie decyzji, takie jak: AHP, ELECTRE Tri, teorię zbiorów przybliżonych, czy metodę najmniejszych kwadratów. Zaimplementowane w oprogramowaniu metody mogą być wykorzystane pojedynczo lub jako zintegrowany zbiór wyników, prezentowanych na pulpicie decyzyjnym. Wykorzystanie wskazanego systemu, pozwoliło na przeprowadzenie badań empirycznych, z wykorzystaniem zebranej wcześniej wiedzy eksperckiej. W rozdziale zaprezentowany został również zespół ekspertów, biorących udział w badaniu, którego celem było pozyskanie danych do utworzenia bazy wiedzy.

W podsumowaniu podkreślono, że opracowany model doboru metod zdalnego uwierzytelniania, pozwala na uzyskanie rankingu dopasowania grup metod, zgodnie z

rodzajem transakcji biznesowej oraz wymaganiami stawianymi przez strony biorące udział w realizacji transakcji, w ramach procesu biznesowego.

#### 4. Procedura badawcza

Rozważania zawarte w pierwszym i drugim rozdziale pracy, wskazują na złożoną strukturę problemu doboru metody zdalnego uwierzytelniania. Całkowita realizacja procesu z użyciem narzędzi zdalnej komunikacji, wymaga potwierdzenia wiarygodności również w sposób zdalny. Jak wskazuje praktyka, ustanowienie standardu w postaci wybranej metody, nie jest rozwiązaniem adekwatnym do występujących na rynku elektronicznym potrzeb. Nie można ich bowiem określić w sposób stały i jednolity, ponieważ te zmieniają się w zależności od charakteru transakcji, czy nawet rodzaju użytkownika. Oznacza to, że dobór metody zdalnego uwierzytelniania, powinien odbywać się w sposób dynamiczny, z uwzględnieniem oczekiwań użytkownika. Sukces elektronizacji procesu, w największym stopniu zależy od akceptacji lub odrzucenia użytej metody uwierzytelniania przez użytkownika. Proponowanym w pracy rozwiązaniem, jest model doboru metody zdalnego uwierzytelniania. Utworzenie modelu opiera się o przedstawioną na rysunku 1 procedurę badawczą, której wynikiem jest narzędzie, pozwalające na rozwiązanie przedstawionego problemu.



**Rysunek 1: Procedura tworzenia modelu doboru metody zdalnego uwierzytelniania**

*Źródło: opracowanie własne*



Model będący produktem realizacji przedstawionej procedury, umożliwia dynamiczny wybór metody zdalnego uwierzytelniania, w oparciu o wprowadzone oczekiwania użytkownika. Mechanizm doboru metody korzysta, z pozyskanej w drodze badań ankietowych, bazy wiedzy eksperckiej. Wykorzystuje on wielokryterialne metody oceny, stosowane podczas procesów podejmowania decyzji. Model korzysta z przygotowanej wcześniej wiedzy eksperckiej, która opiera się o zdefiniowane grupy metod oraz cechy wpływające na charakter metody. Procedura badawcza została przeprowadzona według następujących kroków:

### **Krok 1 - przegląd metod zdalnego uwierzytelniania, funkcjonujących na rynku usług elektronicznych.**

Rynek elektroniczny istnieje i rozwija się bardzo dynamicznie. Wynika to głównie ze zwiększenia dostępności i wzrostu popularności sieci Internet. Usługi komercyjne wymusiły powstanie i rozpropagowały różne metody zdalnego uwierzytelniania użytkownika. Pierwszy etap procedury badawczej, miał na celu inwentaryzację różnorodnych metod uwierzytelniania oraz zgromadzenie o nich jak największej ilości informacji. Istotnym było pozyskanie wiedzy na temat samego istnienia metody, po czym następowała dokładna analiza sposobu jej funkcjonowania. Pozyskane w ten sposób dane, pozwoliły na dokonanie charakterystyki przebadanych metod oraz ich klasyfikację.

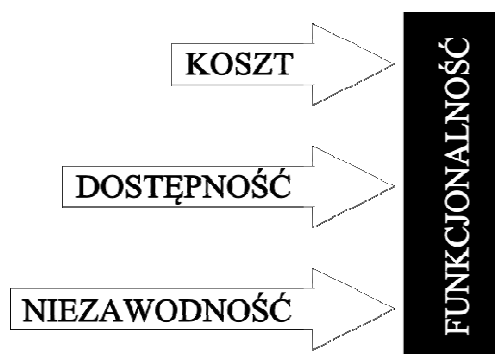
### **Krok 2 - zdefiniowanie grup metod, posiadających wspólne charakterystyczne atrybuty.**

Zrealizowany w pierwszym kroku przegląd metod zdalnego uwierzytelniania, wykazał ich dużą różnorodność oraz licznosc. Taka sytuacja nie daje możliwości prawidłowego zrealizowania procedury badawczej, jeżeli miałyby ona uwzględniać wszystkie pojedyncze metody. Wiele występujących na rynku metod różni się bowiem pomiędzy sobą drobnymi szczegółami, przy generalnie podobnym ogólnym schemacie funkcjonowania. Te niewielkie różnice sprawiają jednak, że metody nie mogą być uznane za identyczne, co powoduje znaczący wzrost liczby badanych przypadków. Przyjęcie tak głębokiego poziomu szczegółowości, utworzyłoby zbyt duży zbiór metod. Realizacja wiarygodnej oceny eksperckiej, na tak rozbudowanych danych, byłaby niemożliwa. Podczas realizacji pierwszego etapu procedury, zauważona została możliwość kwalifikowania metod do grup, uwzględniając ich generalną zasadę działania. Wydzielonych zostało sześć grup metod, posiadających takie same atrybuty.

Nazwa	Ogólna charakterystyka grupy
Grupa 1	Brak uwierzytelniania lub podstawowe informacyjne
Grupa 2	Identyfikator użytkownika i hasło (nieweryfikowalne fizycznie konto użytkownika)
Grupa 3	Stały, skomplikowany klucz autoryzacji (zapisany na koncie, urządzeniu)
Grupa 4	Zmienny klucz autoryzacji przesyłany alternatywnym kanałem komunikacji
Grupa 5	Kwalifikowany (bezpieczny) podpis elektroniczny (trzecia strony transakcji - CC)
Grupa 6	Klucz uwierzytelniający w formie danych biometrycznych

### Krok 3 - określenie zbioru cech, wspólnych dla wszystkich wydzielonych grup metod.

Każda konkretna metoda uwierzytelniania posiada pewien zbiór atrybutów, kwalifikujących ją do jednej ze zdefiniowanych grup. Atrybuty te różnią się pomiędzy poszczególnymi metodami, należącymi do różnych zbiorów. Ten fakt stanowi o ich indywidualności i przynależności do grupy, do której zostały zakwalifikowane. Każda z grup posiada jednak ten sam zbiór cech, które charakteryzują wszystkie metody w ramach danej grupy. Porównanie tych cech z oczekiwaniami użytkownika, wskazuje grupę metod, która powinna zostać wykorzystana podczas realizacji transakcji. Szczegółowy wybór konkretnej metody ze wskazanej grupy, może zależeć od mniej istotnych czynników, jak indywidualne upodobania użytkownika. Określenie zbioru cech wspólnych na poziomie wszystkich wydzielonych grup, pozwala na ich jednolitą ocenę przez ekspertów, powołanych do realizacji badania. Wszystkie wydzielone cechy mają znaczący wpływ na poziom funkcjonalności metody w określonych warunkach jej wykorzystania. Można zatem nakreślić funkcjonalność metody, jako sumę wartości poszczególnych cech, określających jej przydatność oraz dopasowanie do wymagań przeprowadzanej transakcji.



Rysunek 2: Cechy wpływające na funkcjonalność grupy metod

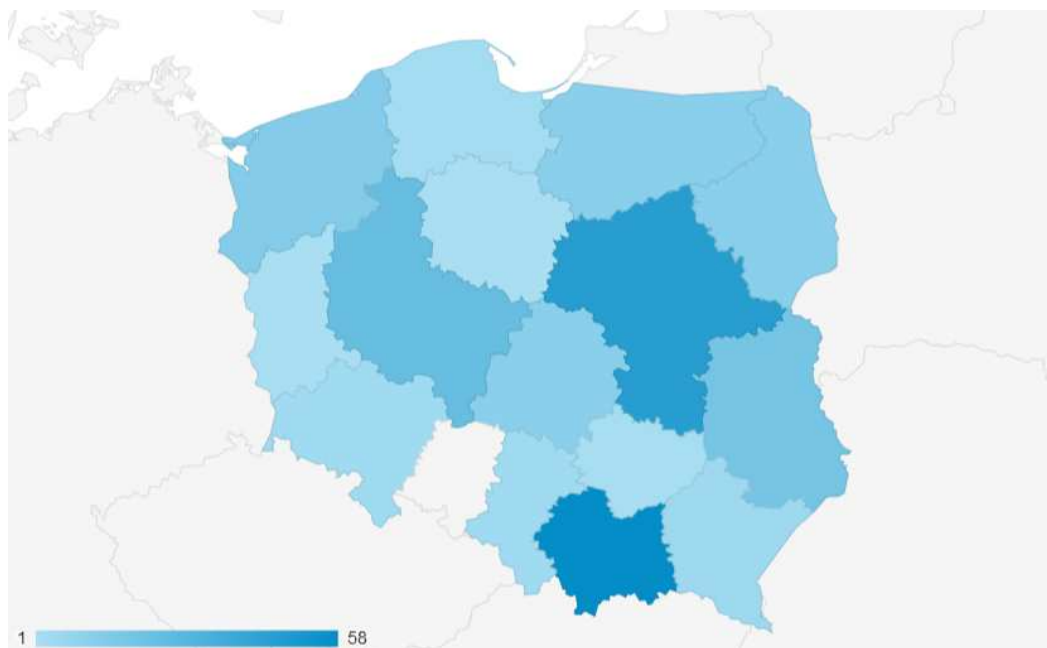
Źródło: Opracowanie własne

#### **Krok 4 - realizacja badania ankietowego internautów, celem oceny grup metod oraz poziomu istotności cech.**

W każdym procesie uwierzytelniania występują dwa elementy:

- metoda potwierdzania wiarygodności,
- wymagania bezpieczeństwa i preferencje użytkownika.

Brak jest jednoznacznej relacji pozwalającej na przypisanie określonej metody uwierzytelniania, do konkretnej transakcji realizowanej zdalnie. Klasyfikacja metod uwierzytelniania oparta została o wyróżnienie cech. Na podstawie oceny tych cech przez użytkowników, można zbadać czy uznają tak zrealizowaną transakcję za akceptowalną i bezpieczną.



**Rysunek 3: Rozkład terytorialny osób biorących udział w badaniu**

*Źródło: opracowanie własne z użyciem Google Analytics*

W celu weryfikacji dokonanych klasyfikacji, przeprowadzono powszechne badanie ankietowe, wśród użytkowników Internetu. Wzięło w nim udział 341 losowych użytkowników Internetu z całej Polski. Badanie było prowadzone w formie ankiety on-line. Celem badania było wykazanie preferencji i oczekiwań użytkowników, do metod zdalnego uwierzytelniania. Na Rysunek 3 zaprezentowany został rozkład geograficzny użytkowników biorących udział w badaniu. Z uwagi na braki w odpowiedziach, część zapisanych ankiet musiała zostać wykluczona z opracowania wyników badania. Po usunięciu niekompletnych zgłoszeń, ostateczna liczba użytkowników których odpowiedzi zostały użyte do opracowania wyników, wyniosła 249 osób. Zaangażowanie respondentów w regionach, przedstawione na rysunku, prezentuje liczbę ankiet ostatecznie zakwalifikowanych do badania.

### Krok 5 - opracowanie macierzy do oceny cech, dla każdej z wydzielonych grup metod.

Wynikiem zdefiniowania grup metod zdalnego uwierzytelniania (krok 2) oraz wydzielenia cech posiadanych przez każdą z grup (krok 3), jest powstanie dwóch zbiorów. Zbiór pierwszy posiada sześć elementów i są nimi poszczególne grupy metod zdalnego uwierzytelniania. W zbiorze drugim znajdują się cechy, które określają charakterystykę każdej z grup. Zestawienie obu tych zbiorów w dwuwymiarowej macierzy, daje możliwość oceny dopasowania wymienionych cech ,do każdej z grup metod zdalnego uwierzytelniania..

		Grupy metod zdalnego uwierzytelniania						
		grupa 1	grupa 2	grupa 3	grupa 4	grupa 5	grupa 6	
Cechy	Koszt	K1						
		K2						
		K3						
	Dostępność	D1						
		D2						
		D3						
	Niezawodność	N1						
		N2						
		N3						
Ogólna ocena	X							

Rysunek 4: Macierz oceny metod zdalnego uwierzytelniania

Źródło: opracowanie własne

Powstała w ten sposób macierz o wymiarach: 6 elementów szerokości, 9 elementów wysokości, została użyta do realizacji badania ankietowego. Oceniane cechy składają się z trzech głównych dziedzin: koszt, dostępność i niezawodność, które są następnie objaśniane przez cechy szczegółowe K1-K3, D1-D3, N1-N3.

### Krok 6 - określenie grupy ekspertów do spraw zdalnego uwierzytelniania.

Realizacja badania eksperckiego wymagała wskazania grupy ekspertów, którym powierzone zostanie zadanie oceny metod w utworzonej macierzy. Zespół ekspertów został dobrany z uwzględnieniem zajmowanej pozycji, znanych osiągnięć oraz posiadanej wiedzy. Do badania starano się dobrać ekspertów, tak aby reprezentowali wszystkie trzy pożądane w badaniu dziedziny: nauka, biznes oraz administracja publiczna. Z wytypowanych 14 osób w rezultacie, w badaniu wzięło udział 13 z nich.

Osoba	Firma / instytucja	Stanowisko, rodzaj wykonywanej pracy	Nauka	Praktyka
Gogulski Piotr	HedgePole (Polska) Sp. Z o.o.	IT manager	nie	tak
Momot Przemysław	Trusted Information Consulting Sp. z o.o.	Starszy specjalista ds. bezpieczeństwa	tak	tak
Niemiec Andrzej	PRIM sp. z o.o.	Audytory jakości i bezpieczeństwa informacji	nie	tak
Noga Marian	Akademia Górniczo-Hutnicza Kraków	Kierownik projektów badawczych	tak	nie
Orłowski Cezary	Politechnika Gdańska	Profesor	tak	tak
Pulwarski Jacek	Polskie Towarzystwo Informatyczne	Ogólnopolski Koordynator ECDL	nie	tak
Szulga Marcin	Unizeto Technologies SA	Szef Działu Badań i Rozwoju	nie	tak
Tabor Michał	Trusted Information Consulting Sp. z o.o.	Dyrektor	nie	tak
Węgrzynowski Roland	Gospodarczy Bank Spółdzielczy w Barlinku	Kierownik Zespołu Teleinformatyki	nie	tak
Wiliński Antoni	Wydział Informatyki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny	Dziekan	tak	tak
Wojsyk Kajetan	Centrum Systemów Informatycznych Ochrony Zdrowia	Z-ca Dyrektora ds. Europejskich	tak	tak
brak zgody na publikację danych	Polska Izba Informatyki i Telekomunikacji	***** <sup>4</sup>	nie	tak
brak zgody na publikację danych	Szczeciński Park Naukowo-Technologiczny	***** <sup>4</sup>	nie	tak

### Krok 7 - przygotowanie internetowego systemu ankietowego, wykorzystującego macierz oceny cech i metod.

Na potrzeby przeprowadzenia badania, przygotowany został autorski system ankietowy, funkcjonujący w trybie on-line. System został utworzony w oparciu o macierz oceny, w której zaszyte zostały możliwe do edycji elementy formularza. System posiada również mechanizmy kontroli wprowadzonych danych. Uniemożliwiają one zapisanie ankiety, w której wprowadzono nieprawidłowe wartości, jak na przykład ocenę cechy spoza

<sup>4</sup> Stanowisko zostało utajnione, ponieważ w połączeniu z firmą / instytucją, jednoznacznie wskazuje osobę eksperta, która nie wyraziła zgody na publikację swoich danych.

dostępnej skali. Oprócz macierzy oceny cech dla metod, system posiada również część dotyczącą danych eksperta. Osoba wypełniająca proszona jest o podanie podstawowych danych oraz odpowiedź na kilka pytań odnośnie doświadczeń związanych z badanym tematem. Pozwalają one określić stopień kompetencji, ogólnego postrzegania metod zdalnego uwierzytelniania i transakcji przeprowadzanych w Internecie. Ekspert otrzymuje możliwość zamknięcia i dokończenia ankiety w późniejszym czasie.

### **Krok 8 - przeprowadzenie badań na grupie ekspertów i przygotowanie pozyskanych danych do użycia jako bazy wiedzy eksperckiej.**

Gromadzenie danych eksperckich przy użyciu ankiety internetowej, odbyło się na przełomie 2013 i 2014 roku. Wytypowani eksperci zostali poproszeni o wypełnienie ankiety w przygotowanym systemie ankietowym. Skala ocen w zakresie K1-N3, dla metod z grup 1-6, wynosiła od 1 do 5. Natomiast skala ogólnej oceny metody od 1 do 9. Ekspertcy uzyskali nielimitowany czasowo dostęp do ankiety w trybie on-line i mieli możliwość wypełnienia jej od razu w całości lub po części w różnych odcinkach czasowych. Dopiero całkowite wypełnienie ankiety (obowiązkowego zakresu), umożliwiło przekazanie danych do autora. Zgromadzone w ten sposób dane zapisane zostały w bazie danych, z których następnie trafiły do plików, umożliwiających import do systemu wspomagania decyzji DSS. Utworzona w ten sposób baza wiedzy, posiada przyporządkowanie ocen do konkretnego eksperta, od którego zostały pozyskane.

ID	Nazwa	D01_Koszt	D02_Dostęp...	D03_Nieza...
EX_001	DSS054	0,333	0,333	0,333
EX_002	DSS054	0,286	0,357	0,357
EX_003	DSS054	0,273	0,273	0,455
EX_004	DSS054	0,125	0,250	0,625
EX_005	DSS054	0,273	0,273	0,455
EX_006	DSS054	0,333	0,417	0,250
EX_007	DSS054	0,273	0,455	0,273
EX_008	DSS054	0,167	0,417	0,417
EX_009	DSS054	0,250	0,333	0,417
EX_010	DSS054	0,200	0,300	0,500
EX_011	DSS054	0,417	0,333	0,250
EX_012	DSS054	0,273	0,273	0,455
EX_013	DSS054	0,385	0,231	0,385

Statystyka  
 Kryteria 3 , Obiekty 13 , Aktywne 13 , t.j. % 100,00

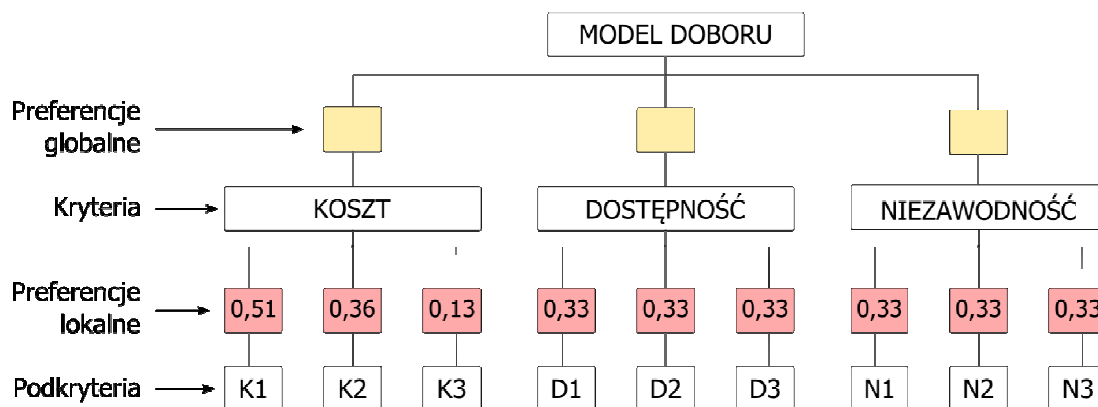
**Rysunek 5: Lista obiektów (źródeł wiedzy) z indywidualnymi preferencjami**

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem DSS 2.0

Takie działanie pozwala na szybkie zmiany w bazie wiedzy eksperckiej. Tworzona jest ona dynamicznie i może wykorzystywać tylko zakres danych, które pozyskane zostały od konkretnego eksperta, wskazanej grupy (kombinacji) lub wspólnie wszystkich razem. Zachowanie przyporządkowania ocen do ich autorów, pozwala na swobodne konfigurowanie bazy eksperckiej, w ramach przebadanych respondentów.

### Krok 9 - użycie danych w systemie oceny wielokryterialnej, w celu opracowania modelu ogólnej oceny grup metod oraz doboru do oczekiwań użytkownika.

Wykorzystanie zgromadzonych danych do przeprowadzenia przykładowych badań, jest ostatnim elementem procedury badawczej. Pozyskane od ekspertów informacje zostały wprowadzone do systemu wspomaganie decyzji DSS 2.0, który automatyzuje realizację obliczeń, generując wyniki wykorzystywane w procesie decyzyjnym. System w swoim działaniu wykorzystuje metody wielokryterialne, które mogą zostać użyte jako narzędzie, do realizacji głównego celu pracy. System udostępnia użytkownikowi mechanizmy obliczeniowe, jednak muszą być one zasilone odpowiednimi danymi wejściowymi. Oprócz wprowadzonej bazy wiedzy eksperckiej, definiowane są również preferencje użytkownika, które odpowiednio modelują wynik końcowy. Tak skonfigurowane narzędzie można nazwać modelem doboru metody zdalnego uwierzytelniania.



Rysunek 6: Struktura opracowanego modelu, przedstawiona w postaci drzewa decyzyjnego  
Źródło: opracowanie własne

Drzewo decyzyjne jako graficzna struktura dojścia do optymalnego rozwiązania problemu, nie jest wystarczającym elementem pozwalającym na podejmowanie właściwych wyborów. Decyzje podejmowane są na podstawie pewniej bazy wiedzy, powstałej w wyniku obserwacji i doświadczeń z przeszłości. W celu rozwiązania problemu doboru metody

zdalnego uwierzytelniania, w pracy posłużono się podobną procedurą podejmowania decyzji. Opracowany model doboru metody, opiera się na wiedzy ekspertów, która wynika z ich doświadczenia w zakresie zdalnego uwierzytelniania. Rysunek 6 przedstawia strukturę modelu decyzyjnego, skonstruowanego na potrzeby realizacji przyjętego celu pracy. Model działa w oparciu o bazę wiedzy eksperckiej, która została zgromadzona w wyniku działań, opisanych wcześniej. Struktura modelu, składa się z czterech poziomów: preferencje globalne, kryteria, preferencje lokalne oraz **podkryteria**. Składają się one ze zbioru pytań (problemów) o dużym poziomie szczegółowości, jakie zostały przedstawione ekspertom do oceny podczas badania ankietowego:

**K1:** koszt jaki muszą ponieść obie strony transakcji przed pierwszym użyciem,

**K2:** koszt utrzymania metody w gotowości do użycia dla obu stron transakcji,

**K3:** koszt odtworzenia klucza po ew. utracie jaki musi ponieść strona uwierzytelniana,

**D1:** czas jaki muszą poświęcić strony transakcji przed pierwszym użyciem,

**D2:** stopień skomplikowania procedury pojedynczego użycia,

**D3:** aktualna popularność metody na rynku,

**N1:** wrażliwość na czynniki zewnętrzne, które mogą mieć wpływ na nieprawidłowe funkcjonowanie,

**N2:** prawdopodobieństwo utraty lub zgubienia klucza, biorąc pod uwagę jego fizyczną postać,

**N3:** waga konsekwencji jakie mogą wynikać z utraty lub zagubienia głównego klucza.

Wszystkie podkryteria z grupy określają następnie jedną z grup, w zależności od przypisanego symbolu wyróżnika. Tworzą tym samym jedno z trzech przyjętych **kryteriów** (K: koszt, D: dostępność, N: niezawodność). Podkryteria można traktować jako elementarne obiekty modelu, przechowujące oceny pozyskane od zespołu decyzyjnego, tworzące bazę wiedzy eksperckiej. Wpływają one na obiekty wyższego poziomu jakim są kryteria, jednak moc ich oddziaływania na te elementy grupujące, jest dodatkowo regulowana poprzez poziom preferencji lokalnych. Ustalają one wagę poszczególnych podkryteriów, w wymiarze całej grupy kryteriów. Zadaniem preferencji lokalnych jest odpowiednie skalibrowanie modelu, poprzez określenie wpływu elementów o dużym poziomie szczegółowości na cały zbiór. Poprzez przypisanie odpowiednich wag, można zatem zdefiniować istotność danego podkryterium, w ocenie całego kryterium.

Tę samą rolę pełnią **preferencje globalne**, które określają z kolei istotność kryteriów. Z uwagi na to że preferencje globalne znajdują się na najwyższym poziomie drzewa decyzyjnego, mają one duży i bezpośredni wpływ, na wskazanie cech jakie musi posiadać obiekt wynikowy modelu. Ten poziom preferencji (pola żółte) jest wykorzystywany w modelu, do definiowania oczekiwań użytkownika, wobec metody zdalnego uwierzytelniania.



## 5. Model doboru metody uwierzytelniania

W celu sprawdzenia poprawności działania modelu, zrealizowane zostały dwa podstawowe badania, wykorzystujące wynik działania metody ELECTRE Tri. Metody ELECTRE, których prekursorem był Bernard Roy wywodzą się z francuskiej szkoły Université Paris-Dauphine. Jedną z opisywanej grupy jest metoda ELECTRE Tri, która jest ciekawym rozwiązaniem w obszarze problematyki grupowania. Realizuje ona sortowanie wariantów do wyznaczonych kategorii, które powstają w wyniku wyznaczenia przez decydenta profili separujących klasy. Metoda ELECTRE Tri wykorzystuje relację przewyższenia, do szacowania stopnia przewyższenia wariantów decyzyjnych nad profile, które separują od siebie klasy. Metoda ta sprawdza się w sytuacji, w której trzeba wybrać najlepszą alternatywę, z podanego zestawu dostępnych alternatyw. Użycie omawianej metody w modelu, pozwoliło na utworzenie **rankingu rozpatrywanych alternatyw** (inaczej: wariantów), którymi w tym przypadku są grupy metod zdalnego uwierzytelniania.

**Pierwszym badaniem** było użycie modelu z wykorzystaniem preferencji ekspertów, jako średnich wartości pozyskanych w trakcie badania ankietowego. W tym przypadku model działał w środowisku jałowym, ponieważ wszystkie dane decyzyjne (baza wiedzy + preferencje) pochodziły z tego samego źródła (oceny eksperckie). W **drugim przypadku** wykorzystane zostały już preferencje niezależnego użytkownika, postawionego w roli decydenta. Wprowadzone preferencje pozwoliły na analizę rankingu wynikowego, wskazującego dopasowanie konkretnych grup metod do wskazanych oczekiwań.

Uzupełnieniem przeprowadzonych obliczeń, są również dodatkowe analizy z użyciem teorii zbiorów przybliżonych oraz metody najmniejszych kwadratów. Dotyczą one jakości zgromadzonych w bazie wiedzy danych oraz zależności i reguł zachodzących pomiędzy poszczególnymi elementami. Wprowadzenie tych dodatkowych analiz umożliwia lepsze wykorzystanie modelu w procesie decyzyjnym, ponieważ decydent obserwując opisane zależności, wie w jaki sposób może modyfikować swoje zapytania aby z dużym prawdopodobieństwem wpływać na otrzymany wynik.

W celu przeprowadzenia obliczeń, z wykorzystaniem przedstawionego modelu, zostały zdefiniowane wartości preferencji lokalnych. Działanie to miało na celu ustalenie

istotności pojedynczych elementów w grupie, w jakiej się znajduje. Dla kryterium „koszt” preferencje lokalne dla podkryteriów K1-K3 zostały zdefiniowane na poziomie odpowiednio:

- 0,51 – K1: koszt przed pierwszym użyciem (przygotowanie metody)
- 0,36 – K2: koszt utrzymania metody
- 0,13 – K3: koszt odtworzenia klucza po utracie

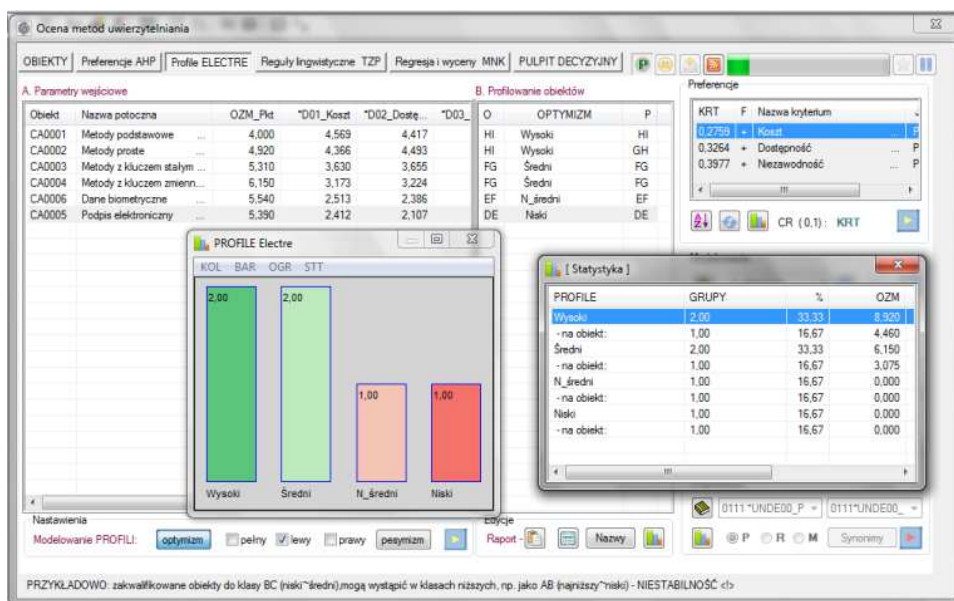
Ustalając wymienione wartości, przyjęto że największą blokadą, może być bariera wejścia do użytkowania metody, w postaci wysokiego kosztu jaki muszą ponieść strony aby ją uruchomić (K1). Przyjęta wartość stanowi zatem ponad 50% wpływ tego elementu na kryterium grupujące. Założono że koszt utrzymania metody (K2), w każdym przypadku będzie niższy niż K1, przez co będzie w mniejszym stopniu wpływał na końcowy wynik badania. Wpływ K2 na kryterium „koszt” został więc ustalony na poziomie 36%. Najmniejsza wartość została natomiast ustalona dla K3. Utrata klucza autoryzacji i idąca za tym potrzeba jego odtworzenia, nie jest sytuacją która występuje w przypadku każdego użytkownika. Można uznać że jest to koszt występujący incydentalnie, stąd jego wpływ na całą grupę został zdefiniowany jako 13%. Dla kolejnych grup czyli kryteriów: „dostępność” i „niezawodność”, wartości preferencji lokalnych, z uwagi na podobny wpływ, zostały ustalone na równym poziomie dla wszystkich podkryteriów, czyli około 33%. Oznacza to że wszystkie elementy D1-D3 oraz N1-N3 mają równy wpływ na kształtowanie się, odpowiednio: dostępności i niezawodności badanej metody.

## 6. Wybrane wyniki badań

W trakcie realizacji badania ankietowego, przeprowadzonego z wykorzystaniem wiedzy ekspertów, zostały zgromadzone dodatkowe dane definiujące ich preferencje. Dotyczą one trzech kryteriów głównych, jakimi są: koszt, dostępność, niezawodność. Wskazane dane w postaci uśrednionej, zostały użyte jako preferencje (WE), w przygotowanym modelu doboru metody. Średnie wartości preferencji wyniosły:

- koszt: 0,276;
- dostępność: 0,326;
- niezawodność: 0,398.

Wprowadzenia zaprezentowanych wartości jako preferencji (danych wejściowych) w modelu, wygenerowało wyniki pozwalające na przeprowadzenie analizy, w celu rozwiązania problemu decyzyjnego; wskazania metody uwierzytelniania.



**Rysunek 7: Wynik działania metody ELECTRE**

*Źródło: opracowanie własne z użyciem DSS 2.0*

W wyniku działania metody ELECTRE (Rysunek 7), utworzony został ranking grup metod zdalnego uwierzytelniania (możliwe alternatywy), wskazujący stopień dopasowania każdej z grup, do ustalonych oczekiwań (preferencji) użytkownika. Przy wprowadzonych wartościach preferencji, ranking wykazuje „wysokie” dopasowanie metod z grupy 1 i grupy 2, „średnie” dopasowanie metod z grupy 3 i grupy 4 oraz „niezmiernie średnie” dla grupy 6 i „niskie” dla grupy 5. Dodatkową informacją jaką można odczytać z otrzymanych wyników jest jego stabilność. W przypadku metod z grupy 2 wynik nie jest stabilny, co oznacza że może on łatwo ulec zmianie ponieważ istnieje duża rozbieżność w ocenach eksperckich. Wynik jest wartością uśrednioną, jednak korekta choćby jednej z opinii ekspertów może spowodować zmianę pozycji tej grupy w rankingu. Pozostałe wyniki cechują się dużą stabilnością, przez co można przyjąć, że ich pozycja w rankingu jest niezagrożona. Przekładając otrzymane wyniki na konkretne rozwiązania, stosowane w zdalnym uwierzytelnianiu, można stwierdzić że przy wprowadzonych preferencjach ranking dopasowania grup wygląda następująco:

1. Wysoki stopień dopasowania do preferencji (7 w skali 0-10)
  - brak uwierzytelniania lub podstawowe informacyjne,
  - identyfikator użytkownika i hasło (nieweryfikowalne fizycznie konto użytkownika).
2. Średni stopień dopasowania do preferencji (5 w skali 0-10)
  - stały, skomplikowany klucz autoryzacji (zapisany na koncie, urządzeniu),
  - zmienny klucz autoryzacji przesyłany alternatywnym kanałem komunikacji.
3. Niezwykle średni stopień dopasowania do preferencji (4 w skali 0-10)
  - a. klucz uwierzytelniający w formie danych biometrycznych.

#### 4. Niski stopień dopasowania do preferencji (3 w skali 0-10)

- a. kwalifikowany (bezpieczny) podpis elektroniczny (trzecia strony transakcji).

Użyte w tej próbie preferencje, kładą największy nacisk na niezawodność metody. Na drugim miejscu jest dostępność, natomiast najmniej istotnym elementem był w tym przypadku koszt. Niezawodność metody, która we wprowadzonym zestawieniu odgrywa najistotniejsze kryterium, spowodowała iż metody wykorzystujące trzecią stronę transakcji w postaci centrum certyfikacji, zajęły ostatnie miejsce w rankingu. Rozwiązania wykorzystujące dane biometryczne, również nie są rozwiązaniami prostymi, przez co narażone są na potencjalne awarie (głównie sprzętu).

## 7. Publikacje własne

1. G. Szyjewski, „Wykorzystanie mobilnych nośników danych w eksploatacji systemów informatycznych”, w: M. Miłoś „Eksploatacja systemów informatycznych”, Wydawnictwo MIKOM, Warszawa 2004
2. Z. Szyjewski, G. Szyjewski, „Harmonogramowanie projektów informatycznych - Microsoft Project 2002”, PRINT GROUP Daniel Krzanowski, Szczecin 2006
3. G. Szyjewski, „Koncepcja wykorzystania systemu klasy CRM, w kontaktach jednostek samorządu terytorialnego z otoczeniem” w „Problemy Społeczeństwa Informatycznego – tom I”, Szczecin 2007
4. G. Szyjewski, „Electronic Information Flow as Factor of Project Management Efficiency Increase” w Polish Journal of Environmental Studies”, Vol. 16, No. 4A, 2007
5. G. Szyjewski, A. Skrzyszewski, "Computer Management of the EUCIP Certification Processes in Poland" w "Continous Optimization and Knowledge-Base Technologies" (EurOPT-2008), Neringa, Vilnius "Technika", Lithuania 2008
6. G. Szyjewski, "Sistema informático basado en Web para la automatización de los procesos de certificación en EUCIP Polonia", "Novática N° 194, julio-agosto 2008, año XXXIV", Novática 2008
7. G. Szyjewski, "Automation of the Competence Valuation Procedures, Using Workflow in a Dedicated Internet System Based on the EUCIP Professional Poland Example" w Polish Journal of Environmental Studies Vol. 17, No. 3B, Hard Olsztyn 2008
8. G. Szyjewski, "A Web-based Computer System as a Main Tool of Certification Processes Automation in EUCIP Poland", CEPIS UPGRADE, The European Journal for the Informatics Professional, Vol. IX, NO. 4, Novática August 2008
9. G. Szyjewski, „Istota multimediiów”, w: A. Szewczyk „Multimedia w biznesie”, Difin Sp. z o.o., Warszawa 2008
10. G. Szyjewski, A. Skrzyszewski, "G. Szyjewski, A. Skrzyszewski, "Developer and client approach to Mobile Software Distribution Platforms, based on Android Market and App Store" w Polish Journal of Environmental Studies Vol. 18, No. 3B, Hard Olsztyn 2009
11. G. Szyjewski, “REMOTE AUTHENTICATION AS A GATEWAY TO AUTOMATE PROCESS OF NONELECTRONIC SERVICE OFFERING” w: “INFORMATION SYSTEMS IN MANAGEMENT VII - Distant Learning and Web Solutions for Education and Business”, WULS Press Warsaw 2010
12. G. Szyjewski, "Wykorzystanie modeli procesów biznesowych BPMN 2.0 do identyfikacji potrzeb zdalnego uwierzytelniania" w "Metody Informatyki Stosowanej" Nr 3/2011 (28), Szczecin 2011
13. G. Szyjewski, "Wykorzystanie dwuwymiarowych kodów QR (Quick Response) w procedurach autoryzacji”, w "E-GOSPODARKA PROBLEMY, METODY, APLIKACJE", WYDAWNICTWO NAUKOWE UNIwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 2013

## 8. Wybrane pozycje literaturowe

1. Adamska I. „Potwierdzenie tożsamości w elektronicznym obrocie gospodarczym a elektroniczna administracja – część I”, w: Paluszyński W. „Czas informacji, grudzień 2010”, Warszawa 2010, Centrum Promocji Informatyki
2. Allweyer T. „BPMN 2.0 Introduction to the Standard for Business Process Modeling”, Norderstedt 2010, Books on Demand GmbH
3. Amaeshi K., Scarbrough H. „Does trust matter? Exploring the link between investment decisions and trustworthiness in knowledge markets”, Coventry 2006/7, EBK Working Paper
4. Adiel Teixeira de Almeida “Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method”, w: “Computers & Operations Research 34”, 2006, Elsevier
5. Bajor B. “Bankowość elektroniczna, studium prawne”, Warszawa 2011, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR
6. The Boston Consulting Group “The Value of Our Digital Identity”, 2012, Liberty Global, Inc.
7. Breiman L., Friedman J. H., Olshen R. A., Stone C. J. “Classification and Regression Trees”, 1984, Chapman & Hall
8. Briol P. „BPMN, the Business Processes Modeling Notation Pocket Handbook”, 2008, Briol Patrice
9. Boyko V., MacKenzie P., Sarvar P. “Provably Secure Password-Authenticated Key Exchange Using Diffie-Hellman”, w: Preneel B. “Lecture Notes in Computer Science Volume 1807 2000”, 2000, Springer
10. Bogucki D. „Jaka będzie przyszłość elektronicznej administracji? Część III – nowe idee”, w: Paluszyński W. „Czas informacji, wrzesień 2011”, Warszawa 2011, Centrum Promocji Informatyki
11. Bolesta-Kukułka K. „Świat organizacji” w: Koźmiński A. K., Piotrowski W. “Zarządzanie Teoria i Praktyka” s. 13-105, Warszawa 1994, 1995, Wydawnictwo Naukowe PWN Sp. z o.o.
12. Brachowska-Przeniosło K. "Metoda Development Center w praktyce" w: „Doradca zawodowy nr 1(4)/2008”, Warszawa 2008, Fundacja Realizacji Programów Społecznych
13. Brol W., Roslanowska-Plichcińska K. „Ilościowe modelowanie procesów gospodarczych”, w: Grudzewski W. M. „Identyfikacja procesów w zarządzaniu, ekonomiczne modele wymiarowe”, Warszawa 1984, Państwowe Wydawnictwo Naukowe
14. Brzostowski J., Wachowicz T. „Użycie skal lingwistycznych do opisu użyteczności w procesie analizy preferencji”, w: „Studia Ekonomiczne. Zeszyty naukowe wydziałowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, Katowice 2012, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach
15. Cellary W. „Rozwój społeczeństwa informacyjnego a informatyzacja sektora publicznego”, w: Paluszyński W. „Czas informacji, styczeń 2010”, Warszawa 2010, Centrum Promocji Informatyki
16. Czermiński A., Jamroga J., Rutka R. „Organizacja i Zarządzanie”, Gdańsk 1983, Uniwersytet Gdański – skrypty uczelniane.
17. Curtin M. “Brute Force: Cracking the Data Encryption Standard”, New York 2005, Copernicus Books Springer
18. Czajkowska-Matosiuk K. „Zastosowanie dokumentów elektronicznych w postępowaniu administracyjnym”, w: Paluszyński W. „Czas informacji, sierpień 2013”, Warszawa 2013, Centrum Promocji Informatyki
19. Dias L., Clímaco J. “ELECTRE TRI for Groups with Imprecise Information on Parameter Values” w: “Group Decision and Negotiation, Volume 9, Issue 5”, 2000, Springer
20. Drejewicz Sz. “Zrozumieć BPMN modelowanie procesów biznesowych”, Gliwice 2012, Wydawnictwo HELION
21. Drelichowski L. “Podstawy inżynierii zarządzania wiedzą”, Bydgoszcz 2004, Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą
22. Drelichowski L. “Evaluation of the efficiency of integrated ERP systems and business intelligence tools based on some diagnostic cases”, Wrocław 2012, Publishing House of Wrocław University of Economics
23. Drązek Z. Niemczynowicz B. „Zarządzanie Strategiczne Przedsiębiorstwem”, Warszawa 2003, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne
24. Gareis K., Hüsing T., Birov S., Bludova I., Schulz C., Korte W. B. “E-skills for jobs in Europe: measuring progress and moving ahead – final report”, Bonn 2014, empirica Gesellschaft für Kommunikations- und Technologieforschung
25. Essick E. L. „Essentials of computer data processing”, 1984, Science Research Associates, Inc.
26. Filipowicz G. „Zarządzanie kompetencjami zawodowymi”, Warszawa 2004, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne

27. Fill H. G. „Visualisation for Semantic Information Systems”, Wiesbaden 2009, Springer (Gabler)
28. Figueira J., Mousseau V., Roy B. “Electre Methods” w: “Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys. International Series in Operations Research & Management Science, Vol. 78”, 2005, Springer
29. Gonciarz J. „Organizacja i zasady działania administracji publicznej w Polsce” w: „Hauser J. „Administracja publiczna”, Warszawa 2005, Wydawnictwo Naukowe PWN
30. Goldamn J. E., Rawles P. T. “Applied Data Communications: A Business-Oriented Approach”, 2004, John Wiley & Sons, Inc.
31. Griffin R. W. “Management, third edition.” Boston 1990, Houghton Mifflin Company
32. Grecoa S., Matarazzo B., Slowinski R. “Rough sets theory for multicriteria decision analysis”, w: “European Journal of Operational Research Vol. 129, Issue 1”, 2001, Elsevier
33. Grzenia J. „Komunikacja językowa w Internecie”, Warszawa 2012, Wydawnictwo Naukowe PWN
34. Hallowell B. “Geometrical analysis”, Philadelphia 1872, J. B. Lippincott & Co.
35. Hammer M. „What is Business Process Management?” w: Jan von Brocke, Rosemann M. “Handbook on Business Process Management 1: Introduction, Methods, and Information Systems”, Berlin 2010, Springer
36. Harmon P. „The Scope and Evolution of Business Process Management” w: Jan von Brocke, Rosemann M. “Handbook on Business Process Management 1: Introduction, Methods, and Information Systems”, Berlin 2010, Springer
37. Jain A. K., Ross A. A., Nandakumar K. “Introduction to Biometrics”, 2011, Springer
38. Karwowski W., Orłowski A. „Perspektywy rozwoju Polskiego systemu e-deklaracji” w: Bojar W. „Studia i materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą”, Bydgoszcz 2010, Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą
39. Kieżun W. “Podstawy organizacji i zarządzania”, Warszawa 1980, Książka i Wiedza
40. Kieżun W., Kwiatkowski S. i inni „Style zarządzania. Teoria i praktyka”, Warszawa 1975, Książka i Wiedza
41. Kisielnicki J. „MIS systemy informatyczne zarządzania”, Warszawa 2008, Wydawnictwo PLACET
42. Koźmiński A. K. „Zarządzanie - analiza systemowa procesów i struktur”, Warszawa 1974, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne
43. Krzakiewicz K. ”Zarządzanie i jego funkcje” w: Krzakiewicz K. „Podstawy organizacji i zarządzania”, Poznań 1993, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu
44. Kutylowski M. „Pieczęć elektroniczna”, w: Paluszyński W. „Czas informacji, grudzień 2010”, Warszawa 2010, Centrum Promocji Informatyki
45. Lee L. L. “Balancing business process with business practice for organizational advantage” w: “JOURNAL OF KNOWLEDGE MANAGEMENT - VOL. 9 NO. 1 2005” , Q Emerald Group Publishing Limited
46. Lech T., Podgórski G. „Bezpieczeństwo w sieci” w: Papińska-Kacperek J. „Społeczeństwo informacyjne”, Warszawa 2008, Wydawnictwo Naukowe PWN
47. Manganelli R. L., Klein M. M. “THE REENGINEERING HANDBOOK - A STEP-BY-STEP GUIDE TO BUSINESS TRANSFORMATION”, New York 1996, amacom - American Management Association
48. Martin W. A. „Construction of optimal sequential decision trees”, Cambridge, Massachusetts 1971, Massachusetts Institute of Technology
49. Martyniak Z. „Organizacja i Zarządzanie 30 problemów teorii i praktyki”, Warszawa 1975, Książka i Wiedza
50. Momot P. “Jedynie słuszna weryfikacja tożsamości podpisującego”, w: Paluszyński W. „Czas informacji, grudzień 2012”, Warszawa 2012, Centrum Promocji Informatyki
51. Mousseau V., Slowinski R., Zielniewicz P. „A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support” w: “Computers & Operations Research 27”, 2000, Pergamon
52. Paliszkievicz J. “Zaufanie w zarządzaniu”, Warszawa 2013, Wydawnictwo Naukowe PWN
53. Pyzdek T. Keller P. A. “The Six Sigma Handbook – Third Edition”, 2010, Mc Graw Hill
54. Rao R.V., Davim J.P. “A decision-making framework model for material selection using a combined multiple attribute decision-making method” w: “The International Journal of Advanced Manufacturing, Vol 35, Issue 7-8”, 2008, Springer
55. Robbins S. P. “Management, third edition”, New Jersey 1991, Prentice Hall, Inc.
56. Roy B. „Wielokryterialne wspomaganie decyzji”, Warszawa 1990, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne

57. Saaty T.L. "The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making", w: Figueira J., Greco S., Ehrgott M. "Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys", 2005, Springer
58. Schermerhorn J. R. "Management", New York 1996, J. Wiley & Sons
59. Szpaderski A. "Zarys rozwoju myśli organizacyjnej XX wieku" w: Krzakiewicz K. „Podstawy organizacji i zarządzania”, Poznań 1993, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu
60. Tabor M. „Dokument elektroniczny w administracji publicznej – czas na zmiany”, w: Paluszyński W. „Czas informacji, czerwiec 2010”, Warszawa 2010, Centrum Promocji Informatyki
61. The A.N., Mousseau V. "Using assignment examples to infer category limits for the ELECTRE TRI method" w: "Journal of Multi - Criteria Decision Analysis, Vol. 11, Issue 1", 2002, John Wiley & Sons
62. Vacca J. R. "Biometric Technologies and Verification Systems", 2007, Elsevier Inc.
63. Wen-Her Yang, Shiuh-Pyng Shieh „Password Authentication Schemes with Smart Cards”, w: Computers & Security Vol.18, No.8, pp.727-733, Great Britain 1999, Elsevier Science Limited
64. Wiewiórowski W. „Usługi e-administracji” w: Paluszyński W. „Czas informacji, styczeń 2010”, Warszawa 2010, Centrum Promocji Informatyki
65. Winslow T. F. "Shop Management", New York, London 1912, Harper & Brothers
66. Woszczyński T., Sudol M. „Podpis Biometryczny – charakterystyka rozwiązania, aspekty techniczne oraz prawne”, Hitachi Europe Ltd. 2013, prezentacja elektroniczna.
67. Yingzi Du E. "Biometrics: From Fiction to Practice", Singapore 2013, Pan Stanfors Publishing Pte. Ltd.
68. Zieleniewski J. „Organizacja i zarządzanie”, Warszawa 1969, Państwowe Wydawnictw Naukowe