

# **Autoreferat**

**przedstawiający opis kariery zawodowej  
oraz dorobku i osiągnięć naukowych**

**dr inż. Adam Ryszard Wasilewski**

Katedra Badań Operacyjnych i Inteligencji Biznesowej

Wydział Zarządzania

Politechnika Wrocławska

Wrocław 16.05.2025

## Spis treści

|                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Imię i nazwisko .....                                                                                                                                                                                        | 3  |
| 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej .....                                                       | 3  |
| 3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych ..                                                                                                                        | 3  |
| 4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.) .....                               | 4  |
| 4.1. Deklaracja osiągnięć naukowych .....                                                                                                                                                                       | 4  |
| 4.2. Omówienie deklarowanych osiągnięć .....                                                                                                                                                                    | 7  |
| 4.2.1. Uzasadnienie wyboru tematyki badań .....                                                                                                                                                                 | 7  |
| 4.2.2. Koncepcja wykorzystania wielowariantowych interfejsów użytkownika do poprawy efektywności działania sklepów internetowych .....                                                                          | 14 |
| 4.2.3. Określenie wpływu dedykowanych wariantów interfejsu użytkownika w handlu elektronicznym na zachowania klientów na podstawie badań empirycznych .....                                                     | 22 |
| 4.2.4. Propozycja miar jakości klasteryzacji uwzględniających kontekst biznesowy oraz określenie ich wpływu na rekomendacje wyboru algorytmu przy zastosowaniu metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej ..... | 34 |
| 4.3. Inne osiągnięcia .....                                                                                                                                                                                     | 38 |
| 4.3.1. Opracowanie modelu jakości usług SOA .....                                                                                                                                                               | 38 |
| 4.3.2. Opracowanie metody analizy i minimalizacji ryzyka wdrożeń systemów ERP ....                                                                                                                              | 39 |
| 5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej .....            | 40 |
| 5.1. Staż naukowy w Uniwersytecie WSB Merito .....                                                                                                                                                              | 40 |
| 5.2. Współpraca naukowa z Telekom University (Indonezja) .....                                                                                                                                                  | 41 |
| 5.3. Współpraca naukowa z Uniwersytetem Warszawskim .....                                                                                                                                                       | 41 |
| 5.4. Współpraca naukowa z Politechniką Opolską .....                                                                                                                                                            | 42 |
| 5.5. Współpraca naukowa z Akademią Górniczo-Hutniczą, Uniwersytetem Ekonomicznym w Poznaniu, Politechniką Poznańską i Instytutem Podstaw Informatyki PAN .....                                                  | 42 |
| 6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę .....                                                                                                       | 43 |
| 6.1. Działalność dydaktyczna .....                                                                                                                                                                              | 43 |
| 6.2. Działalność organizacyjna .....                                                                                                                                                                            | 45 |
| 7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej .....                                                                                                                                                            | 47 |

## 1. Imię i nazwisko

**Adam Ryszard Wasilewski**

## 2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

Tytuł **magistra inżyniera** uzyskałem na Politechnice Wrocławskiej, Wydziale Informatyki i Zarządzania, w dniu 15.12.1998 r., na podstawie pracy magisterskiej napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jacka Mercika.

W czasie studiów byłem dwukrotnym stypendystą Ministra Edukacji Narodowej (1997/1998, 1998/1999).

Stopień **doktora** uzyskałem na Politechnice Wrocławskiej, Wydziale Informatyki i Zarządzania, w dniu 19.12.2000 r., na podstawie rozprawy doktorskiej pt. *Metoda analizy i minimalizacji ryzyka wdrożeń zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania*.

Promotorem w przewodzie doktorskim był prof. dr hab. inż. Jacek Mercik, zaś recenzentami: prof. dr hab. Tadeusz Trzaskalik i prof. dr hab. inż. Edward Radosiński.

## 3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

Pracę na Politechnice Wrocławskiej rozpocząłem 1.10.1997 r. w Zakładzie Zastosowań Informatyki na Wydziale Informatyki i Zarządzania, w charakterze asystenta-stażysty. Staż trwał do 30.09.1998.

Następnie przebywałem na półrocznym stypendium na Nottingham Trent University w Wielkiej Brytanii.

Po zakończeniu stypendium, w dniu 1.03.1999 r., rozpocząłem pracę jako asystent i na tym stanowisku pracowałem do 30.09.2001 r.

Od 1.10.2001 r. pracuję na stanowisku adiunkta, początkowo na Wydziale Informatyki i Zarządzania, a od 15.09.2021 r. na Wydziale Zarządzania.

## 4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.)

### 4.1. Deklaracja osiągnięć naukowych

Deklarowane przeze mnie osiągnięcia naukowe, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy obejmują:

- opracowanie koncepcji wykorzystania wielowariantowych interfejsów użytkownika do poprawy efektywności działania sklepów internetowych (M1 rozdziały 3 i 4, C1, C2, C7),
- określenie wpływu dedykowanych wariantów interfejsu użytkownika w handlu elektronicznym na zachowania klientów na podstawie badań empirycznych (M1 rozdział 5, C1, C2, C3),
- propozycję miar jakości klasteryzacji uwzględniających kontekst biznesowy oraz określenie ich wpływu na rekomendacje wyboru algorytmu przy zastosowaniu metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej (C4, C5, C6).

Powyższe osiągnięcia zostały opisane w monografii naukowej pt. ***Multi-variant User Interfaces in E-commerce: A Practical Approach to UI Personalization***, Cham: Springer, cop. 2024. XIV, 134 s. (seria wydawnicza: Progress in Information Systems), ISSN 2196-8705 (**M1**) oraz w cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, na który składają się następujące pozycje:

**C1. Adam Wasilewski, Elżbieta Pawełek-Lubera:** *Practical assessment of the e-commerce multivariant user interface*. Information and Software Technology. 2025, vol. 181, art. 107684, s. 1-4. **IF=3.8**, 140 punktów MNiSW

Mój wkład w publikację obejmował (zgodnie z CRediT): *Methodology, Formal analysis, Investigation, Writing - Original Draft* i został oszacowany na 85%.

**C2. Adam Wasilewski:** *Functional framework for multivariant e-commerce user interfaces*. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research. 2024, vol. 19, nr 1, s. 412-430. **IF=5.1**, 100 punktów MNiSW  
Publikacja jednoautorska.

**C3. Adam Wasilewski, Anna Zgrzywa-Ziemiak:** *Multi-variant E-commerce User Interfaces for Business Sustainability*. Operations Research and Decisions. 2024, vol. 34(3). **IF=0.7**, 70 punktów MNiSW  
Mój wkład w publikację obejmował (zgodnie z CRediT): *Methodology, Formal analysis, Investigation, Writing - Original Draft* i został oszacowany na 75%.

**C4. Adam Wasilewski:** *Customer segmentation in e-commerce: a context-aware quality model for comparing clustering algorithms*. Journal of Internet Services and Applications, vol. 15(1), s. 160-178. **IF=2.4**, 100 punktów MNiSW  
Publikacja jednoautorska.

**C5. Adam Wasilewski, Krzysztof Juszczyszyn, Vera Suryani:** *Multi-factor evaluation of clustering methods for e-commerce application*. Egyptian Informatics Journal. 2024, vol. 28, art. 100562, s. 1-12. **IF=5.0**, 70 punktów MNiSW  
Mój wkład w publikację obejmował (zgodnie z CRediT): *Conceptualization, Methodology, Investigation, Writing - Original Draft* i został oszacowany na 75%.

**C6. Adam Wasilewski:** *Clusterization methods for multi-variant e-commerce interfaces*. W: Proceedings of the 18th Conference on Computer Science and Intelligence Systems, September 17-20, 2023, Warsaw, Poland / eds. Maria Ganzha [i in.]. Warszawa: Polskie Towarzystwo Informatyczne; New York City: IEEE, 2023. s. 309-313. (Annals of Computer Science and Information Systems, ISSN 2300-5963; vol. 35). CORE, 20 punktów MNiSW  
Publikacja jednoautorska.

**C7.** Janusz Sobecki, **Adam Wasilewski**, Grzegorz Kołaczek: *Self-adaptation of workflow business software to the user's requirements and behavior*. W: Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems: Proceedings of the 24th International Conference KES 2020 / eds. M. Cristani, C. Toro, C. Zanni-Merk, R. J. Howlett and L. C. Jain. Amsterdam : Elsevier, cop. 2020. s. 1211-1220. (Procedia Computer Science, ISSN 1877-0509; vol. 176). CORE, 70 punktów MNiSW

Mój wkład w publikację obejmował (zgodnie z CRediT): *Conceptualization, Methodology, Validation, Writing - Original Draft, Writing – review & editing* i został oszacowany na 30%.

Łączny IF publikacji wchodzących w skład cyklu wynosi **17.0**.

Łączna liczba punktów MNiSW publikacji wchodzących w skład cyklu wynosi **570**.

Deklarowane przeze mnie osiągnięcia wpisują się w obszar zastosowań informatyki w zarządzaniu. Z perspektywy subdyscyplin w naukach o zarządzaniu<sup>1</sup> są one ułożone w subdyscyplinie *Zarządzanie wiedzą i informacją*, z którą wiąże się większość mojego dorobku badawczego. Odnosząc się z kolei do propozycji podziału subdyscyplin Nauk o Zarządzaniu i Jakości 2.0, opublikowanej przez Komitet Nauk Organizacji i Zarządzania PAN<sup>2</sup>, można je zaliczyć do wspomagania decyzji kierowniczych (w szczególności zarządzania systemami informacyjnymi oraz wykorzystania Big Data w zarządzaniu), w ramach poziomu operacyjnego, w nurcie praktycznym.

---

<sup>1</sup> Cyfert S., Dyduch W., Latusek D., Niemczyk J., Sopińska A.: *Subdyscypliny w naukach o zarządzaniu - logika wyodrębnienia, identyfikacja modelu koncepcyjnego oraz zawartość tematyczna*. Organization and Management. 1. 37-48. 2014.

<sup>2</sup> Betz G., Cyfert S., Czakon W., Dyduch W., Latusek-Jurczak D., Niemczyk J., Sopińska A., Szpitter A., Urbaniak M., Wiktor J.: *Subdyscypliny w naukach o zarządzaniu i jakości 2.0*. Prezentacja Subdyscypliny\_nauk\_o\_zarządzaniu\_i\_jakości\_2.0.pdf <https://docer.pl/doc/108vce5> Data dostępu: 26.02.2025 .

## 4.2. Omówienie deklarowanych osiągnięć

### 4.2.1. Uzasadnienie wyboru tematyki badań

#### 4.2.1.1. *Wprowadzenie*

Od początku aktywności naukowej moim podstawowym obszarem aktywności było zastosowanie informatyki w zarządzaniu. Początkowo obejmowało ono wykorzystanie zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania (najpierw MRPII - Manufacturing Resource Planning, a później ERP - Enterprise Resource Planning) w praktyce gospodarczej. Szczególną uwagę poświęcałem kwestiom implementacji tego typu systemów, m.in. opracowując metodę analizy i kwantyfikacji ryzyka w trakcie przygotowania i realizacji projektów wdrożeniowych. Efektem moich prac była rozprawa doktorska, którą obroniłem w grudniu 2000 roku.

W kolejnych latach moje zainteresowania badawcze rozszerzyły się o kwestie związane z zarządzaniem procesami biznesowymi, w szczególności w zakresie ich identyfikacji, analizy i modelowania. Dodatkowo zaangażowałem się w organizację Laboratorium Jakości Oprogramowania na Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej, co zapoczątkowało moje prace związane z jakością systemów informatycznych. Oba te kierunki badań zostały powiązane w ramach projektu „Nowe technologie informacyjne dla elektronicznej gospodarki społeczeństwa informacyjnego oparte na paradygmacie SOA” (POIG.01.03.01-00-008/08), w którym pełniłem rolę kierownika – w pierwszej fazie obszaru badawczego, a w drugiej fazie kierownika obszaru aplikacyjnego.

W kolejnych latach mocniej zaangażowałem się w realizację praktycznych projektów związanych z handlem elektronicznym (ang. electronic commerce, e-commerce). Pozwoliło mi to na szersze spojrzenie na potrzeby i wymagania użytkowników systemów informatycznych, w szczególności na te aspekty jakości, które wpływają na postrzeganie użyteczności oraz satysfakcji z interakcji człowiek-komputer. Kwestie te są kluczowe dla platform handlu elektronicznego, więc badania w tym zakresie mają nie tylko znaczenie teoretyczne, ale też wymiar praktyczny. Poczynione obserwacje oraz potrzeby biznesowe zainicjowały moje badania nad wielowariantowym interfejsem użytkownika (UI) w systemach handlu elektronicznego.

#### 4.2.1.2. *Znaczenie handlu elektronicznego we współczesnym świecie*

Od wielu lat dynamiczny rozwój technologii cyfrowych stanowi jedną z najważniejszych determinant postępu społecznego i gospodarczego, a coraz doskonalsze urządzenia teleinformatyczne oraz dostępność informacji wpływają na niemal każdy aspekt życia. Jednym z obszarów, który przeszedł w ostatnich 30 latach znaczną transformację dzięki technologiom, jest handel. Przeniesiony w realia cyfrowe i powszechnie znany jako „e-commerce”, stał się integralną częścią gospodarki globalnej, wpływając na sposób, w jaki ludzie kupują i sprzedają produkty oraz usługi. Handel elektroniczny zyskuje na popularności od końca XX wieku, kiedy to ogólnoświatowa sieć teleinformatyczna - Internet - stała się powszechnie dostępna. Liczba osób mogących korzystać z Internetu z roku na rok rośnie i to, co pierwotnie było dostępne dla mieszkańców krajów wysokorozwiniętych, obecnie jest codziennością większości ludzi na świecie. Według raportu Datareportal<sup>3</sup> w październiku 2024 ok. 67,5% światowej populacji (czyli ok. 5,52 miliarda osób) korzystało z Internetu, co oznacza, że zasięg biznesu elektronicznego (w tym handlu w sieci) jest ogromny i nieporównywalny z żadnym rynkiem tradycyjnym. Dodatkowo model biznesowy reprezentowany przez największe platformy, takie jak Amazon czy eBay, otwiera nowe możliwości dla sprzedawców i konsumentów. Nie bez znaczenia jest także rozwój technologiczny, w szczególności w zakresie urządzeń mobilnych oraz zwiększające się możliwości realizacji bezpiecznych płatności online. Przekłada się to na dostępność do transakcji elektronicznych oraz zwiększa zaufanie, które dodatkowo wspierają regulacje prawne (zwłaszcza w Unii Europejskiej) chroniące konsumentów w trakcie zakupów w Internecie. Wszystko to prowadzi do ciągłego wzrostu znaczenia handlu elektronicznego, a wartość tego rynku rośnie z roku na rok. Według prognoz Statista wartość e-handlu w roku 2024 wyniesie 4,12 biliona dolarów, co oznacza wzrost o 88% w ciągu 5 lat<sup>4</sup>. Co więcej, następne 5 lat (do roku 2029) ma przynieść dalszy, ponad 50%, wzrost. Niewątpliwie na rozwój handlu elektronicznego ogromny wpływ miała epidemia

---

<sup>3</sup> [https://datareportal.com/Digital 2024 October Global Statshot Report](https://datareportal.com/Digital%2024%20October%20Global%20Statshot%20Report), dostęp 14.12.2024

<sup>4</sup> <https://www.statista.com/forecasts/1223973/e-commerce-revenue-worldwide-by-segment> Retail e-commerce revenue worldwide from 2019 to 2029, by segment, dostęp 14.12.2024

COVID-19, która spowodowała szereg ograniczeń w prowadzeniu biznesów<sup>5</sup>, a to z kolei wymusiło przeniesienie części działalności gospodarczej do Internetu.

Znaczenie przemian będących efektem digitalizacji życia codziennego znajduje także odzwierciedlenie w różnego rodzaju publikacjach. Przykładem może być seria książek autorstwa Philipa Kotlera, Hermawan Kartajaya i Iwana Setiawana: *Marketing 4.0 (Moving from Traditional to Digital)*<sup>6</sup>, *Marketing 5.0 (Technology for Humanity)*<sup>7</sup>, *Marketing 6.0 (The Future Is Immersive)*<sup>8</sup>, która pokazuje ewolucję wpływu gospodarki cyfrowej (w tym handlu elektronicznego) na społeczeństwo. Nie bez znaczenia dla postępującej digitalizacji jest coraz powszechniejsze stosowanie metod uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji<sup>9</sup>, stanowiących narzędzia pozwalające sprostać rosnącej konkurencji w szeroko rozumianym handlu elektronicznym<sup>10</sup>.

Handel elektroniczny niesie ze sobą wiele korzyści zarówno dla sprzedawców, jak i dla klientów. Wymierne benefity wynikające z prowadzenia biznesu elektronicznego były dostrzegane praktycznie od początku jego rozwoju i obejmowały: zwiększoną sprzedaż dzięki nowym klientom (nowym rynkom), zwiększenie przychodów od dotychczasowych klientów (tzw. cross-selling), redukcję kosztów marketingowych dzięki skróceniu czasu obsługi klienta, sprzedaży online, zmniejszeniu kosztów druku i dystrybucji komunikacji marketingowej, redukcję kosztów łańcucha dostaw dzięki zmniejszeniu poziomu zapasów, krótsze cykle zamawiania towarów oraz ograniczenie kosztów administracyjnych dzięki bardziej wydajnym procesom biznesowym, m.in. w obszarze rekrutacji czy rozliczeń z kontrahentami<sup>11</sup>.

Cechy handlu elektronicznego powodują, że kluczowe z punktu widzenia sprzedawców jest przekonanie odbiorców do swojej oferty. Jednym ze sposobów jest zapewnienie

---

<sup>5</sup> Guthrie C., Fosso-Wamba S., Brice A. J.: *Online consumer resilience during a pandemic: An exploratory study of e-commerce behavior before, during and after a COVID-19 lockdown*, Journal of Retailing and Consumer Services, 2021, Volume 61, 102570,

<sup>6</sup> Kotler P., Hermawan K., Setiawan I.: *Marketing 4.0: Moving from traditional to digital*, Wiley John + Sons, 2016

<sup>7</sup> Kotler P., Hermawan K., Setiawan I.: *Marketing 5.0: Technology for humanity*, Wiley John + Sons, 2021

<sup>8</sup> Kotler P., Hermawan K., Setiawan I.: *Marketing 6.0: The future is immersive*, Wiley John + Sons, 2023

<sup>9</sup> Borek A., Prill N.: *Driving digital transformation through data and AI: A practical guide to delivering data science and machine learning products*, Kogan Page, 2020

<sup>10</sup> Iansiti M., Lakhani K.L.: *Competing in the age of AI: Strategy and leadership when algorithms and networks run the world*, Ingram Publisher Services, 2020

<sup>11</sup> Chaffey D.: *Digital business and e-commerce management*, Pearson, 2015

klentom satysfakcji z wizyty online lub zakupów, gdyż stanowi to drogę do zapewnienia ich lojalności, powrotów do sklepu oraz kreowania pozytywnego wizerunku wśród osób, z którymi mają do czynienia w świecie realnym i wirtualnym. Z kolei pozytywne doświadczenia mogą być efektem dobrej oferty, sprawnej obsługi zamówień<sup>12</sup>, ale też personalizacji<sup>13</sup>.

#### 4.2.1.3. *Personalizacja w systemach handlu elektronicznego*

Według Słownika Języka Polskiego PWN personalizacja to „nadanie czemuś charakteru osobistego”<sup>14</sup>. Z kolei w Wielkim słowniku języka polskiego PAN personalizacja zdefiniowana jest w określonym kontekście – programu, paszportu albo relacji<sup>15</sup>, zaś personalizacja programu to „dostosowanie urządzeń, usług lub ofert do potrzeb konkretnego indywidualnego użytkownika”<sup>16</sup>.

Pojęcie personalizacji funkcjonuje w wielu aspektach życia społecznego czy gospodarczego i oznacza najogólniej indywidualne podejście do jakiegoś zagadnienia. Jest ono także szeroko stosowane w kontekście handlu elektronicznego i często kojarzone z marketingiem<sup>17</sup>. Odnosi się ono do dostosowywania do klienta szeroko rozumianego przekazu ukierunkowanego w oparciu o jego preferencje, zachowania czy dane demograficzne. Podstawowym celem personalizacji jest zapewnienie indywidualnej, angażującej i satysfakcjonującej zawartości, która w założeniach powinna prowadzić do wyższych wyników sprzedaży oraz lojalności klientów.

Personalizacja w handlu elektronicznym jest realizowana w kilku podstawowych obszarach. Praktycznie każda osoba korzystająca z Internetu doświadcza personalizacji kierowanych do siebie ofert, np. w formie e-maili marketingowych czy reklam serwowanych w odwiedzanych serwisach<sup>18</sup>. Pochodną tego typu personalizacji są

---

<sup>12</sup> Kawa A., Zdrenka W.: *Logistics value in e-commerce and its impact on customer satisfaction, loyalty and online retailers' performance*, The International Journal of Logistics Management, 2023, Vol. 35 No. 2, pp. 577-600

<sup>13</sup> Kaptein M., Parvinen P.: *Advancing e-commerce personalization: Process framework and case study*, 2015, International Journal of Electronic Commerce, 19(3), 7–33.

<sup>14</sup> <https://sjp.pwn.pl/szukaj/personalizacja.html> dostęp: 3.12.2024

<sup>15</sup> <https://wsjp.pl/haslo/podglad/66038/personalizacja> dostęp: 3.12.2024

<sup>16</sup> <https://wsjp.pl/haslo/podglad/66038/personalizacja/5174428/programu> dostęp: 3.12.2024

<sup>17</sup> Chandra S., Verma S., Lim W.M., Kumar S., Donthu N.: *Personalization in personalized marketing: Trends and ways forward*, Psychology&Marketing, 2022, 39(8), 1529-1562

<sup>18</sup> Teepapal T.: *AI-driven personalization: Unraveling consumer perceptions in social media engagement*, Computers in Human Behavior, 2025, Vol. 165

artykuły i publikacje dostosowane do wcześniejszych zachowań lub decyzji użytkownika Internetu (np. przeglądanych stron, robionych zakupów, podejmowanych tematów)<sup>19</sup>. Kolejne częste realizacje koncepcji personalizacji związane są z dostosowaniem oferty sklepów internetowych. Może się to przejawiać w pokazywaniu tzw. rekomendacji produktowych (czyli produktów, którymi klient potencjalnie może być zainteresowany)<sup>20</sup> bądź też proponowaniu klientowi indywidualnych promocji lub cen<sup>21</sup>.

Zdecydowanie mniej popularnym sposobem personalizacji w systemach handlu elektronicznego jest indywidualizacja wyglądu samego serwisu. Mimo iż użytkownicy są różni, to wygląd sklepu internetowego jest zazwyczaj taki sam dla każdego z nich. Przyczyn można upatrywać przede wszystkim w większej złożoności technologicznej personalizacji interfejsu w porównaniu do dystrybucji spersonalizowanych wiadomości, reklam, rekomendacji produktowych czy cen. W przypadku personalizacji interfejsu nie wystarczy zebranie informacji o klientach i ich cechach, przetworzenie danych i na tej podstawie podjęcie działania (np. wysłania maila o określonej treści czy pokazanie określonego zbioru produktów), ale trzeba dodatkowo mieć techniczną możliwość modyfikacji wyświetlanego klientowi układu wizualnego sklepu internetowego. Jest to wyzwanie zdecydowanie większe niż pokazanie produktu czy reklamy w miejscu z góry przewidzianym, gdyż wymaga implementacji mechanizmu dynamicznego modyfikowania nie tylko zawartości, ale też układu strony oraz wyglądu poszczególnych jej elementów.

Współcześnie personalizacja interakcji w Internecie jest już standardem rynkowym, oczekiwanym przez klientów<sup>22</sup>. Według badań przeprowadzonych przez McKinsey 76% użytkowników systemów handlu elektronicznego twierdzi, że otrzymywanie spersonalizowanej komunikacji było kluczowym czynnikiem, który skłonił ich do rozważenia marki, a 78% uważa, że takie treści zwiększyły prawdopodobieństwo

---

<sup>19</sup> Wang Y., Zhu J., Liu R., Jiang Y.: *Enhancing recommendation acceptance: Resolving the personalization–privacy paradox in recommender systems: A privacy calculus perspective*, International Journal of Information Management, 2024, Vol. 76

<sup>20</sup> Jin Z., Ye F., Nedjah N., Zhang X.: *A comparative study of various recommendation algorithms based on E-commerce big data*, 2024, Electronic Commerce Research and Applications, Volume 68, 101461

<sup>21</sup> Hufnagel G., Schwaiger M., Weritz L.: *Seeking the perfect price: Consumer responses to personalized price discrimination in e-commerce*, 2022, Journal of Business Research, Volume 143

<sup>22</sup> <https://businesschief.com/technology-and-ai/mckinsey-prioritise-personalisation-for-10-15-revenue-lift> dostęp: 3.12.2024

ponownego zakupu<sup>23</sup>. Według innych badań tej samej firmy wśród najczęstszych oczekiwań wobec sklepów internetowych klienci wymieniają: personalizowane ułatwienia w nawigacji (75%), odpowiednie rekomendacje produktów/usług (67%), indywidualną komunikację (66%), dedykowane promocje (65%), świętowanie osiągniętych kamieni milowych (61%)<sup>24</sup>.

#### 4.2.1.4. *Personalizacja z wykorzystaniem wariantów interfejsu użytkownika*

Biorąc pod uwagę znaczenie handlu elektronicznego we współczesnej gospodarce oraz trendy rozwojowe, w szczególności kwestie związane z personalizacją oraz zastosowaniem metod sztucznej inteligencji, w powiązaniu z ograniczeniami wynikającymi z dążenia do zachowania maksymalnej anonimizacji aktywności w Internecie, podjąłem prace nad nowym podejściem do interakcji klienta z systemami handlu elektronicznego – poprzez serwowanie różnych wariantów UI dopasowanych do specyficznych potrzeb i zachowań grup użytkowników. Jest to rozwiązanie, które do tej pory nie było analizowane i wdrażane w systemach handlu elektronicznego<sup>25</sup>.

Adaptacja i personalizacja interfejsów użytkownika systemów informatycznych jest zagadnieniem badanym od dziesiątków lat<sup>26</sup>. W tym czasie wypracowano wiele koncepcji, z których niektóre nadal są stosowane w praktyce. Tym niemniej specyfika handlu elektronicznego znacząco różni się od specyfiki tradycyjnych systemów informatycznych zarządzania (np. klasy Enterprise Resource Planning), przede wszystkim ze względu na:

- tylko jedną rolę użytkownika (odbiorcy końcowego) w systemach handlu elektronicznego – personalizacja dotyczy roli „klienta”, podczas gdy w typowych systemach informatycznych ról jest zazwyczaj znacznie więcej,
- liczbę użytkowników – w sklepach internetowych należy rozważać setki tysięcy (a często i więcej) klientów, podczas gdy w tradycyjnych systemach zarządzania działających w firmach liczba użytkowników jest znacznie mniejsza,

---

<sup>23</sup> ibidem

<sup>24</sup> <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-value-of-getting-personalization-right-or-wrong-is-multiplying> dostęp: 3.12.2024

<sup>25</sup> Ltifi M., ed.: *Advances in digital marketing in the era of artificial intelligence: case studies and data analysis for business problem solving*. CRC Press, 2024.

<sup>26</sup> Miraz M.H., Maaruf A., Excell P.S: *Adaptive user interfaces and universal usability through plasticity of user interface design*. Computer Science Review 40 (2021): 100363.

- powtarzalność procesów – w handlu elektronicznym można zidentyfikować kilka kluczowych procesów (w szczególności proces prowadzący do złożenia zamówienia), które są powtarzane tysiące razy w ciągu dnia, podczas gdy w systemach informatycznych zarządzania procesów jest wiele więcej, ale ich powtarzalność jest zazwyczaj znacznie mniejsza.

W związku z różnicami w sposobie korzystania przez użytkowników sklepów internetowych i typowych systemów informatycznych zarządzania nie można przenieść wprost tradycyjnych koncepcji adaptacji interfejsów użytkownika na grunt platform handlu online. Co prawda ograniczenie do jednej roli (klienta) wydaje się być uproszczeniem, ale liczba użytkowników, a co za tym idzie ilość informacji o ich zachowaniach, wpływających na potencjalne personalizacje interfejsu, jest istotnie większa. Wymaga to innego podejścia, a jego wypracowanie było motywem przewodnim moich prac badawczych oraz deklarowanych osiągnięć naukowych, tj.:

- opracowania koncepcji wykorzystania wielowariantowych interfejsów użytkownika do poprawy efektywności działania sklepów internetowych,
- określenia wpływu dedykowanych wariantów interfejsu użytkownika w handlu elektronicznym na zachowania klientów na podstawie badań empirycznych,
- propozycji miar jakości klasteryzacji uwzględniających kontekst biznesowy oraz określenia ich wpływu na rekomendacje wyboru algorytmu przy zastosowaniu metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej.

Deklarowane przeze mnie osiągnięcia można rozpatrywać w aspekcie teoretycznym oraz praktycznym. Pod względem teoretycznym opracowałem ramy (*framework*) rozwiązania, uwzględniającego specyfikę handlu elektronicznego, które pozwala zbierać informacje o zachowaniach klientów sklepu internetowego (w ramach istniejących regulacji prawnych, z poszanowaniem prywatności) po to, by wykorzystując uczenie maszynowe (metody klasteryzacji) grupować ich pod kątem podobieństw w zakresie korzystania z platformy sprzedaży internetowej, a następnie projektować i serwować im dedykowane warianty interfejsu użytkownika. Zaproponowane podejście zawiera też mechanizm sprzężenia zwrotnego, który pozwala na ciągłe doskonalenie wariantów UI w oparciu o decyzje klientów. Koncepcja ta stanowi interdyscyplinarne połączenie aspektów

związanych z zarządzaniem (m.in. w zakresie prowadzenia handlu elektronicznego, zarządzania relacjami z klientami, zastosowania metod znanych z badań operacyjnych) oraz z zastosowaniem systemów informatycznych do rozwiązywania problemów zarządczych.

Moje osiągnięcia mają także wymiar praktyczny. Ze względu na znaczenie personalizacji we współczesnym handlu elektronicznym rozwiązania, które pozwalają odejść od klasycznego „jednego interfejsu użytkownika dla wszystkich” oraz adresują różne potrzeby i oczekiwania klientów, mogą stanowić istotną przewagę konkurencyjną firm, które zdecydują się je wdrożyć. Nie można przy tym zapominać, że serwowanie takiego samego UI wszystkim użytkownikom wymaga kompromisów i pominięcia potrzeb grup klientów uznanych za mniej ważne. Tymczasem regulacje prawne (m.in. w zakresie dostępności cyfrowej) mogą już wkrótce wymusić dostosowanie interfejsów użytkownika sklepów internetowych do określonych standardów dostępności cyfrowej (np. WCAG 2.2, jako punktu odniesienia dla Europejskiego Aktu Dostępności - Dyrektywy 2019/882<sup>27</sup>). Oznacza to, że systemy handlu elektronicznego będą musiały dostosować UI do nowych wymagań (zmniejszając być może efektywność stosowanych rozwiązań graficznych na rzecz dostępności) albo przygotować różne warianty UI, w tym warianty dostosowane do nowych regulacji prawnych. W tym drugim przypadku wdrożenie wielowariantowych UI stanowi odpowiedź na rzeczywiste wyzwania rynkowe oraz pozwala na efektywne zarządzanie komunikacją z klientem.

#### 4.2.2. Koncepcja wykorzystania wielowariantowych interfejsów użytkownika do poprawy efektywności działania sklepów internetowych

Inspiracją dla koncepcji wielowariantowych UI, czyli serwowania różnych wariantów interfejsu użytkownika grupom klientów sklepów internetowych, były prace związane z adaptacyjnymi interfejsami użytkownika w systemach informatycznych zarządzania. Przeprowadzone w ich trakcie badania empiryczne dowodziły, że dopasowywanie wyglądu formularzy do specyficznych potrzeb i wymagań użytkowników pozytywnie wpływa na efektywność działania organizacji [C7]. Chcąc jednak zweryfikować, czy analogiczny efekt można uzyskać w przypadku systemów handlu elektronicznego należało przygotować teoretyczne założenia rozwiązania, które uwzględniłoby specyfikę

---

<sup>27</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=celex%3A32019L0882> dostęp: 19.12.2024

handlu elektronicznego, przede wszystkim dużą liczbę użytkowników, powtarzalne ścieżki korzystania z systemu oraz specyficzne regulacje prawne.

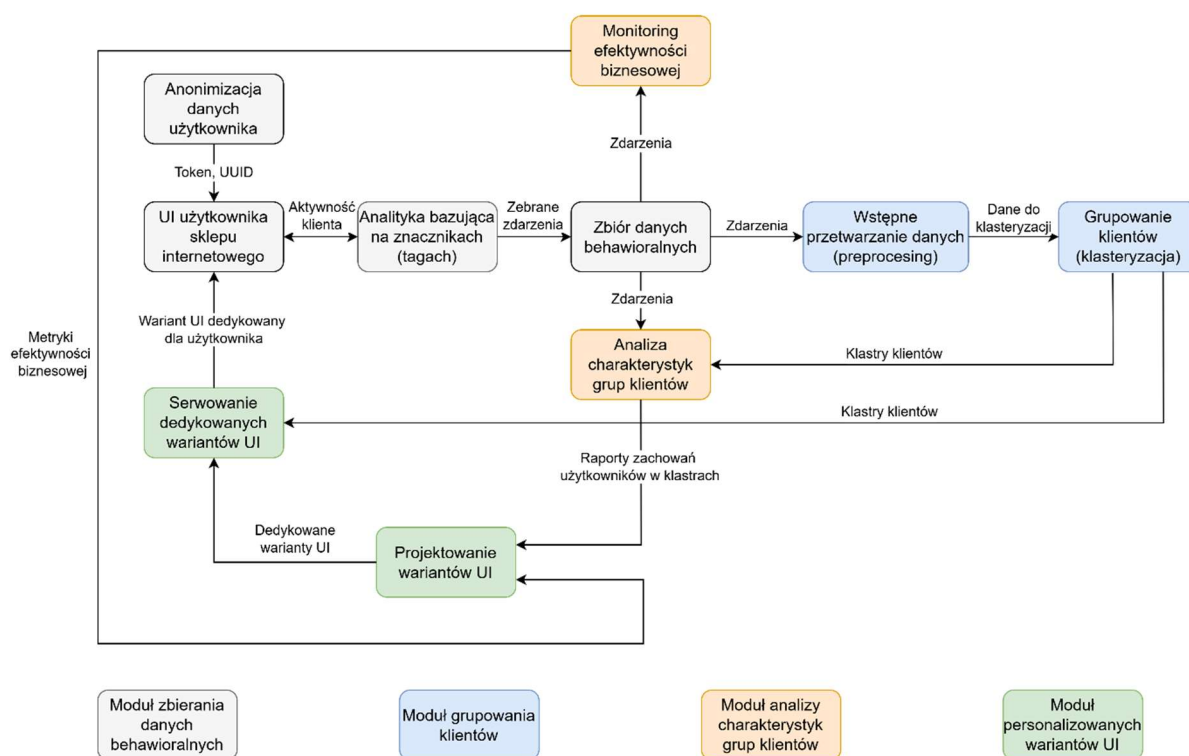
Opracowana przeze mnie koncepcja łączy zachowania klientów sklepów internetowych (obejmujące ścieżki korzystania z systemu i podejmowane decyzje) oraz warianty interfejsu użytkownika, które są dopasowywane do zidentyfikowanych, charakterystycznych zachowań określonych grup użytkowników systemów handlu elektronicznego. Decyzje klientów, które podlegają analizie i wpływają na kreowanie dedykowanego wariantu interfejsu użytkownika, obejmują zarówno bieżące operacje w sklepie internetowym (np. wybór filtrów lub atrybutów produktów) jak i odnoszą się do faktycznych zakupów (np. dodawanie do koszyka, potwierdzanie zamówienia).

Zaproponowane podejście, które realizuje ideę kreowania i dostarczania dedykowanych wariantów interfejsu użytkownika w systemach handlu elektronicznego, obejmuje wzajemnie uzupełniające się obszary funkcjonalne:

- zbieranie danych o zachowaniach użytkowników sklepu internetowego, w sposób zgodny z obowiązującymi regulacjami prawnymi,
- przetwarzanie zebranych danych oraz podział klientów na grupy (segmenty), które cechują się podobieństwem zachowań,
- projektowanie, opracowywanie i serwowanie wariantów interfejsu użytkownika dla poszczególnych grup klientów,
- monitorowanie efektywności dedykowanych wariantów interfejsu użytkownika w celu ich optymalizacji.

Zaprojektowane przeze mnie rozwiązanie (Rysunek 1) składa się z czterech obszarów funkcjonalnych - modułów:

- Moduł zbierania danych behawioralnych.
- Moduł grupowania klientów.
- Moduł analizy charakterystyk grup klientów.
- Moduł personalizowanych wariantów interfejsu użytkownika.



Rysunek 1. Koncepcja systemu wielowariantowego interfejsu użytkownika w systemach handlu elektronicznego (na podstawie [C2])

Mechanizm personalizacji interfejsu użytkownika w systemach handlu elektronicznego został szczegółowo opisany w monografii [M1, rozdział 3 i 4] i stanowi adaptację oraz rozwinięcie modelu stosowanego w różnego rodzaju systemach rekomendacyjnych, w tym m.in. systemach rekomendacji produktowych powszechnie używanych w sklepach internetowych. Na szczególną uwagę zasługuje *Moduł personalizowanych wariantów interfejsu użytkownika*, który w takiej formie nie był nigdy wcześniej stosowany w sklepach internetowych. Musiał on być opracowany od podstaw, przy uwzględnieniu wymagań funkcjonalnych mechanizmu wielowariantowych interfejsów użytkownika oraz ograniczeń wynikających z konieczności wpisania się w ramy istniejącego sklepu internetowego. Prace nad nim miały charakter iteracyjny, a finalny kształt jest efektem analizy różnych podejść do projektowania i dostarczania personalizowanych wariantów stron w sklepach internetowych. Z kolei *Moduł analizy charakterystyk grup klientów* ma dwójakie zastosowanie. Po pierwsze pozwala on na identyfikację specyficznych cech poszczególnych segmentów użytkowników, dzięki czemu możliwe jest zaplanowanie modyfikacji w ramach dedykowanych dla nich wariantów UI. Po drugie jest wykorzystywany w analizie efektywności wdrożonych zmian interfejsu użytkownika, gdyż dostarcza informację zwrotną o ich wpływie na zachowania klientów. Dzięki takiemu

podejściu możliwe jest zastosowanie pętli sprzężenia zwrotnego oraz ciągłe doskonalenie serwowanych wariantów UI poprzez usuwanie zmian nieprzynoszących oczekiwanego efektu. Warto przy tym zaznaczyć, że zaproponowane rozwiązanie nie ogranicza się do weryfikacji makrokonwersji (np. zamówień złożonych w sklepie internetowym), ale jako kryterium decyzyjne może przyjmować wprowadzony wskaźnik częściowej konwersji (PCR – Partial Conversion Ratio), który bada zgodność zachowań klientów z predefiniowaną oczekiwaną ścieżką poruszania się po serwisie.

W przypadku pozostałych modułów opisywana koncepcja bazowała na standardowych rozwiązaniach, jednak z uwzględnieniem specyfiki kontekstu biznesowego, czyli serwowania wielowariantowego interfejsu użytkownika. W *Module zbierania danych behawioralnych* konieczne było zastosowanie rozwiązań pozwalających na zapisywanie każdej aktywności klienta (tzw. clickstream). Dodatkowo należało zapewnić anonimowość danych, tak by sprostać wymaganiom prawnym związanym z przetwarzaniem danych klientów. Z kolei *Moduł grupowania klientów* opierał się na wykorzystaniu standardowych metod klasteryzacji, jednak wymagał przeprowadzenia badań skuteczności różnych algorytmów do analizy danych behawioralnych, będących rezultatem aktywności użytkowników w sklepie internetowym.

Zaproponowana koncepcja zakłada, że możliwe jest zidentyfikowanie grup zawierających użytkowników o podobnych zachowaniach, dla których będzie można zaprojektować taki układ UI, który będzie lepiej odpowiadał ich potrzebom, zwiększając tym samym satysfakcję z korzystania ze sklepu oraz pozytywnie wpływając na efektywność ekonomiczną, w szczególności makrokonwersję (konwersję bazującą na złożonych zamówieniach). Aby grupować użytkowników należy na wstępie zebrać szczegółowe dane na temat ich aktywności w sklepie internetowym. Na rynku istnieją rozwiązania, które tego typu działania wspierają (np. Google Tag Manager, Matomo), zatem w tym aspekcie można oprzeć się na sprawdzonych narzędziach. Tym niemniej zaprojektowanie tego elementu systemu wymagało rozwiązania problemu prywatności danych przy jednoczesnej możliwości identyfikacji użytkownika na potrzeby serwowania dedykowanego wariantu UI. Ze względu na ograniczenia w przetwarzaniu danych osobowych (w tym adresu e-mail, który w sklepach internetowych bywa często stosowanym unikalnym identyfikatorem) wprowadzono dodatkowy, unikalny

identyfikator użytkownika (UUID), który jest nadawany klientowi przy jego pierwszej wizycie oraz zapisywany w pliku cookies. Wszystkie informacje dotyczące zachowań klienta są gromadzone w powiązaniu z tym identyfikatorem, co sprawia, że zapewniona jest ich anonimowość, gdyż zastosowany UUID nie jest nigdzie bezpośrednio połączony z danymi osobowymi klienta. Z kolei przy każdej kolejnej wizycie w sklepie internetowym na podstawie UUID zwracana jest informacja o wariancie interfejsu, który ma być pokazany klientowi, dzięki czemu zapewniona jest możliwość serwowania dedykowanej wersji UI. Przyjęte rozwiązanie ma ograniczenia, gdyż korzysta z plików cookies, które mogą być usunięte przez klienta, jednak przeprowadzona analiza wykazała, że mimo to jest to najlepsza opcja, gdyż nie niesie za sobą ryzyka związanego z naruszeniem prywatności użytkowników. Ten element zaproponowanej koncepcji koncentrował się na aspektach i wyzwaniach technicznych oraz aplikował istniejące narzędzia, zatem nie był przedmiotem formalnych prac badawczych.

Zebrane dane behawioralne stanowią w opisywanej koncepcji podstawę do grupowania klientów. Ze względu na ilość informacji o aktywności użytkowników w sklepie internetowym podjęto decyzję o zastosowaniu algorytmów klasteryzacji, stanowiących podzbiór metod uczenia maszynowego nienadzorowanego, jako podstawy do tworzenia homogenicznych segmentów klientów. Zadanie to wiązało się z koniecznością wstępnego przygotowania danych (preprocesingu), w szczególności ich wyczyszczenia oraz redukcji wymiarów. Celem tego etapu było przygotowanie zbioru danych, który mógłby być podstawą do zastosowania różnych metod klasteryzacji. W tym aspekcie zastosowano standardowe rozwiązania, a zadanie miało charakter techniczny. Wyzwaniem badawczym był jednak wybór odpowiedniego algorytmu, który dawałby najlepsze wyniki w perspektywie zastosowania do grupowania na potrzeby serwowania dedykowanych wariantów UI. Zagadnienie to związane jest z osiągnięciem opisanym w rozdziale 4.2.4 Autoreferatu.

Analiza zachowań klientów w segmentach uzyskanych po zastosowaniu klasteryzacji jest kluczowa ze względu na projektowanie wariantów interfejsów oraz weryfikację skuteczności proponowanych zmian w wyglądzie sklepu internetowego. W ramach omawianej koncepcji analiza taka wykonywana jest w dwóch miejscach procesu – po grupowaniu, kiedy konieczne jest określenie cech charakteryzujących poszczególne

klastry użytkowników oraz po dostarczeniu klientom dedykowanych wariantów UI, kiedy należy sprawdzić, czy korzystnie wpływają one na makro- i mikro- konwersję. W pierwszym przypadku zaproponowano, by identyfikacja cech charakteryzujących grupy klientów bazowała na informacjach ilościowych opisujących klastry użytkowników (takich jak: średnia i wariancja liczby akcji, liczby zdarzeń, liczby i wartości zamówień, użycia wyszukiwarki, itp.) oraz na ścieżkach, którymi poruszają się klienci (najczęstsze akcje i sekwencje akcji w ramach segmentów). Ten drugi element został wypracowany i doskonalony w trakcie prowadzonych badań, stanowiąc unikalny wkład w sposób analizy zachowań użytkowników sklepu internetowego. Etap analizy wpływu wprowadzonych zmian na zachowania klientów stanowi integralną część mechanizmu iteracyjnej optymalizacji wariantów interfejsu użytkownika. W ramach omawianej koncepcji przyjęto, że w celu wiarygodnej weryfikacji skuteczności serwowanych dedykowanych wersji UI należy wykorzystać podejście typowe dla testów A/B, czyli podzielić grupę klientów na tych, którzy mają dostarczany dedykowany wariant interfejsu użytkownika oraz tych, którym dostarczana jest wersja standardowa. Porównanie wartości wybranych wskaźników dla obu grup pozwala ocenić, czy wprowadzone zmiany prowadzą do założonych efektów, czy też nie. W kolejnym kroku modyfikacje pozytywnie wpływające na zachowanie użytkowników są utrzymywane, a zmiany wpływające negatywnie są wycofywane. Następne iteracje pozwalają wprowadzać dalsze zmiany, przy czym wariantem standardowym staje się już wersja, która uwzględnia wcześniej zaakceptowane modyfikacje UI dla każdej z grup klientów osobno. Mechanizm adaptacji wariantów interfejsu użytkownika został szczegółowo opisany w monografii [M1, rodz. 4].

Należy zwrócić uwagę, że w zaprezentowanym podejściu kluczowy jest dobór wskaźników, które mają wpływać na decyzję o przyjęciu albo odrzuceniu zmiany. W celu zapewnienia elastyczności rozwiązania zaproponowano stosowanie typowych wskaźników efektywności w handlu elektronicznym, takich jak wskaźnik konwersji (CR – Conversion Ratio) czy wskaźnik średniej wartości zamówienia (AOV - Average Order Value), ale także wprowadzono wskaźnik konwersji częściowej (PCR – Partial Conversion Ratio), który pozwala analizować wpływ zmian bez konieczności finalizacji procesu zakupowego przez klienta. Konstrukcja wskaźnika PCR zakłada, że wprowadzone zmiany w wariancie UI mają zachęcić klienta do działań zgodnych z oczekiwaniami właściciela

sklepu. Jeśli zatem przyjąć, że dana jest sekwencja aktywności (np. wybierz rozmiar – dodaj do koszyka – przejdź do checkoutu), które mają być efektem modyfikacji UI, to porównując zachowania klientów z podgrupy z dedykowanym wariantem UI oraz z podgrupy ze standardowym wariantem UI, można ocenić, czy zmiany wyglądu były skuteczne czy też nie. Zaletami wskaźnika PCR są: wysoka elastyczność, gdyż możliwe jest dowolne zdefiniowane oczekiwanej ścieżki dla grup klientów (dodatkowo z możliwością użycia wag w celu sterowania znaczeniem różnych aktywności) oraz możliwość weryfikacji wpływu modyfikacji w poziomie pojedynczych operacji (w przeciwieństwie do wspomnianych wskaźników CR i AOV, które analizują tylko finalną konwersję). Wprowadzenie wskaźnika PCR stanowi jeden z istotnych elementów opisywanego osiągnięcia, a jego praktyczne wykorzystanie w ramach badań eksperymentalnych zostało szerzej opisane w rozdziale 4.2.3 Autoreferatu.

Całość działania opisaney koncepcji wymaga także opracowania rozwiązania, które pozwoliłoby dostarczać różne wersje interfejsu użytkownika określonym grupom klientów. Przygotowanie takiego mechanizmu wymagało z jednej strony stworzenia narzędzia pozwalającego definiować modyfikacje (zwane mikrozmianami) standardowego interfejsu, a z drugiej decydować które z nich mają być wyświetlane konkretnym klientom. Jakkolwiek te elementy nie wymagały prac badawczych, to stanowiły wyzwanie techniczne ze względu na konieczność współdziałania z różnymi platformami handlu elektronicznego. Na potrzeby realizacji wersji pilotażowej, pozwalającej zweryfikować koncepcję wielowariantowego interfejsu użytkownika w praktyce, dzielono główne typy stron sklepu internetowego (strona główna, listing, karta produktu, checkout) na sekcje, w ramach których określono czy (a jeśli tak, to jakie) modyfikacje interfejsu użytkownika są możliwe do wykonania. Następnie przygotowywano warianty wyglądu dla wybranych sekcji (np. wyszukiwarka z lupką albo bez lupki, różne kolory przycisków, różny układ obrazków na karcie produktu, itd.) oraz wskazywano zbiór modyfikacji dla wariantów UI dla poszczególnych grup klientów, bazując na ich zidentyfikowanych cechach charakterystycznych. Tak zaprojektowany wariant był gotowy do serwowania użytkownikom. Decyzja o tym, którą wersję UI zaprezentować klientowi była podejmowana przy jego wejściu na stronę sklepu internetowego – jeśli udało się odnaleźć plik cookies z zapisanym UUID, to na jego

podstawie dostarczano odpowiedni wariant interfejsu użytkownika. Jeśli pliku UUID nie udało się znaleźć, to przyjmowano, że jest to nowy klient, który nie był wcześniej sklasteryzowany i w związku z tym w podstawowej wersji koncepcji nie ma dla niego dedykowanego wariantu UI. Warto zaznaczyć, że w wyniku prowadzonych badań zaobserwowano istotne ograniczenie proponowanego rozwiązania – brak uwzględnienia indywidualnego podejścia do nowych użytkowników. Biorąc pod uwagę, że jest to bardzo liczna grupa (w zależności od sklepu może to być nawet 70%-80% klientów) konieczne było uzupełnienie zbioru wariantów UI o taki, który mógłby być serwowany użytkownikom, którzy są nowi albo dawno nie odwiedzali sklepu internetowego.

Zaproponowana koncepcja wnosi istotny wkład w dyscyplinę nauk o zarządzaniu i jakości, oferując kompleksowe i innowacyjne podejście do zarządzania kluczowym wyzwaniem współczesnego handlu elektronicznego: budowaniem satysfakcji i lojalności klienta. Stanowi ona przykład zastosowania nowoczesnych narzędzi analitycznych i technologicznych w procesach zarządczych, łącząc zasady optymalizacji doświadczeń użytkownika z potencjałem zaawansowanej analityki danych (uczenie maszynowe, analiza danych behawioralnych). Jest to przykład zarządzania opartego na danych (*data-driven management*) w obszarze kształtowania interfejsu klienta sklepów internetowych. Koncepcja ta umożliwia odejście od uniwersalnego modelu UI na rzecz zarządzania zróżnicowanymi potrzebami klientów poprzez dostarczanie wariantów interfejsu lepiej dopasowanych do specyficznych segmentów. Jest to bezpośrednie działanie na rzecz podnoszenia jakości postrzeganej usługi (*perceived service quality*) oraz realizacji zasady jakości jako zgodności z przeznaczeniem (*fitness for purpose*). Elastyczność proponowanego rozwiązania wykracza poza bezpośrednie cele sprzedażowe, otwierając możliwości zarządzania jakością systemów handlu elektronicznego w szerszym wymiarze społecznym i etycznym. Potencjał tworzenia wariantów UI wspierających dostępność cyfrową dla osób z ograniczeniami wpisuje się w paradygmat odpowiedzialności społecznej biznesu oraz dążenia do zrównoważonego rozwoju. Takie podejście może stanowić nie tylko element budowania pozytywnego wizerunku, ale również źródło przewagi konkurencyjnej opartej na inkluzywności, szczególnie w kontekście współczesnych trendów rynkowych, przedkładających estetykę nad funkcjonalność. Opracowana koncepcja stanowi nie tylko wkład

teoretyczny w obszar systemów informatycznych wspomagających zarządzanie, wskazując nowe kierunki personalizacji w kluczowym sektorze gospodarki, ale także posiada silny wymiar praktyczny. Jej pilotażowa implementacja potwierdziła możliwość implementacji w warunkach biznesowych i stworzyła podstawy do empirycznej weryfikacji wpływu na mierzalne wskaźniki efektywności i jakości, co jest kluczowe z punktu widzenia zarządzania opartego na dowodach (*evidence-based management*) i doskonalenia praktyk zarządczych w organizacjach.

#### 4.2.3. Określenie wpływu dedykowanych wariantów interfejsu użytkownika w handlu elektronicznym na zachowania klientów na podstawie badań empirycznych

Opracowana koncepcja wykorzystania wersji interfejsu użytkownika dopasowanych do specyficznych zachowań grup klientów stanowiła podstawę do wdrożenia pilotażowego. Zaimplementowane rozwiązanie pozwoliło na przeprowadzenie szeregu badań empirycznych, których celem było określenie wpływu modyfikacji wyglądu stron platformy handlu elektronicznego na zachowania i decyzje użytkowników. Taka weryfikacja była niezbędna dla oceny efektywności i potencjalnej opłacalności personalizacji interfejsu użytkownika w praktycznych zastosowaniach.

Aby zrealizować postawiony cel przeprowadzono następujące badania:

- BE1. pilotażową weryfikację wpływu dedykowanego UI na różne wskaźniki efektywności w handlu elektronicznym,
- BE2. weryfikację wpływu dedykowanego UI na wskaźnik makrokonwersji (dwa badania empiryczne na różnych zbiorach danych),
- BE3. weryfikację wpływu dedykowanego UI na zaproponowany wskaźnik mikrokonwersji (dwa badania empiryczne na różnych zbiorach danych),
- BE4. weryfikację wpływu dedykowanego UI na liczbę złożonych zamówień,
- BE5. weryfikację możliwości wpływania dedykowanym wariantem UI na zachowania klientów niesklasteryzowanych.

Realizacja badań empirycznych miała pozwolić na udzielenie odpowiedzi na postawione pytania badawcze:

- PB1. Czy obsługa dedykowanego interfejsu może wpływać na KPI w handlu elektronicznym?
- PB2. Czy ten sam wariant dedykowanego interfejsu będzie równie skuteczny dla różnych grup (klastrów) klientów?
- PB3. Czy możliwe jest skonfigurowanie takiego dedykowanego wariantu interfejsu, aby kluczowe wskaźniki wydajności miały wyższe wartości?
- PB4. Czy serwowanie dedykowanego wariantu interfejsu nowym klientom może wpłynąć na skuteczność systemów handlu elektronicznego?

### **BE1. Pilotażowa weryfikacja wpływu dedykowanego UI na różne wskaźniki efektywności w handlu elektronicznym**

Celem badań pilotażowych była wstępna weryfikacja wpływu wielowariantowego interfejsu użytkownika na kluczowe wskaźniki efektywności handlu elektronicznego, takie jak wskaźnik konwersji, średnia wartość koszyka oraz zaproponowaną miarę konwersji cząstkowej PCR [C1]. Biorąc pod uwagę praktyczny aspekt prac nad wdrożeniem personalizacji UI kluczowe było sprawdzenie, czy podejście takie może przynieść wymierne korzyści dla firm, które chciałyby je wdrażać i czy istnieje potencjał jego komercjalizacji.

Na potrzeby badań zebrano szczegółowe dane o zachowaniach 48.699 klientów sklepu internetowego. Zebrany materiał posłużył do segmentacji klientów na cztery odrębne grupy przy użyciu algorytmu klastrowania aglomeracyjnego, wybranego ze względu na jego zdolność do tworzenia klastrów o najmniejszej wariancji liczności grup. Następnie, dla wybranego klastra, grupującego użytkowników o najwyższej aktywności i generujących największe przychody, metodą ekspercką zaprojektowano dedykowany wariant interfejsu. Wprowadzono w nim 13 ukierunkowanych modyfikacji w ramach strony głównej, strony kategorii, strony produktu oraz wyszukiwarki. Efektywność tak spersonalizowanego UI oceniano w ramach 21-dniowych testów A/B, gdzie połowa klientów z wybranego klastra korzystała z nowego interfejsu, a druga połowa z wersji standardowej. W trakcie badań mierzono wartości współczynnika konwersji, średniej wartości koszyka oraz częściowy współczynnik konwersji, który oceniał zgodność zachowania użytkownika z predefiniowaną, optymalną ścieżką zakupową.

Wyniki eksperymentu okazały się bardzo obiecujące dla grupy korzystającej z dedykowanego interfejsu. Zaobserwowano wzrost współczynnika konwersji o 46,4% (z 2,91% do 4,26%) oraz wzrost średniej wartości zamówienia o 11,6% (z 43,38 do 48,41 jednostek walutowych). Co ciekawe, częściowy wskaźnik konwersji nieznacznie spadł, co może sugerować, że choć nowy interfejs był skuteczniejszy sprzedażowo, mógł prowadzić użytkowników nieco innymi ścieżkami niż zakładana ścieżka "idealna". Dla pozostałych klastrow, które nie otrzymały spersonalizowanego UI, nie odnotowano istotnych zmian wartości wskaźników.

Badanie potwierdziło, że implementacja dedykowanego interfejsu dla odpowiednio wyselekcjonowanej grupy klientów może przynieść wymierne korzyści finansowe. Z drugiej strony pokazało także istotne ograniczenia, przede wszystkim fakt, że skuteczna segmentacja jest możliwa dla klientów powracających, którzy w badanym okresie stanowili jedynie 14% wszystkich użytkowników analizowanego sklepu internetowego. Ponadto stwierdzono, że wiarygodna weryfikacja wpływu personalizowanego interfejsu użytkownika na wartości wskaźników efektywności wymaga dłuższego czasu badania lub bardzo dużego ruchu w sklepie, gdyż tylko to pozwala uzyskać statystycznie istotne wyniki. Tym niemniej osiągnięte rezultaty okazały się satysfakcjonujące z biznesowego punktu widzenia, co pozwoliło na kontynuację badań i rozwój koncepcji wielowariantowego UI.

## **BE2. Weryfikacja wpływu dedykowanego UI na wskaźnik makrokonwersji**

### **BE2.1.**

Cele badania zostały określone następująco [M1, rozdz. 5]:

- zweryfikowanie, czy dedykowany UI może wpływać na wybrane wskaźniki efektywności e-commerce,
- zweryfikowanie, czy klastrowanie aglomeracyjne z liczbą klastrow  $k=4$  (będące podstawową rekomendacją z badania dotyczącego wyboru metod klasteryzacji) pozwala na grupowanie klientów w sposób umożliwiający zaprojektowanie dedykowanego wariantu UI, który jest lepszy niż domyślny interfejs użytkownika.

Aby zrealizować postawione cele przeprowadzono badania eksperymentalne oraz dokonano weryfikacji postawionej hipotezy (oznaczonej jako  $H_{10}$ ), mówiącej że wartość wskaźnika konwersji (CR) dla interfejsu dedykowanego jest taka sama jak dla interfejsu standardowego. Hipoteza alternatywna ( $H_{11}$ ) stanowiła, że wskaźnik konwersji dla interfejsu dedykowanego jest wyższy niż dla interfejsu standardowego.

Na podstawie uzyskanych wyników odrzucono hipotezę o równości wskaźników konwersji na rzecz hipotezy alternatywnej. Pozwoliło na potwierdzenie, że dedykowany wariant UI może istotnie wpływać na jedną z kluczowych miar efektywności stosowanych w handlu elektronicznym oraz że możliwe jest zaprojektowanie dedykowanego wariantu UI, który będzie pod względem konwersji lepszy niż wariant standardowy.

## **BE2.2.**

Kolejne badanie eksperymentalne [M1, rodz. 5] rozszerzało wcześniej analizowane zagadnienie i służyło realizacji kolejnych celów badawczych:

- zweryfikowanie, czy dedykowany wariant interfejsu zaprojektowany dla określonego klastra jest równie skuteczny dla innych grup klientów,
- zweryfikowanie, czy wariant interfejsu dedykowany dla wybranego klastra w znaczący sposób wpłynie na wskaźniki wydajności dla nowych (nieklasteryzowanych) użytkowników.

Na potrzeby realizacji celów postawiono trzy hipotezy badawcze wraz z hipotezami alternatywnymi:

- $H_{20}$ : o równości wskaźnika konwersji dla wariantu dedykowanego dla klientów klastra A i serwowanego klientom z klastra A oraz wskaźnika konwersji dla interfejsu standardowego (hipoteza alternatywna  $H_{21}$ : wskaźnik konwersji dla dedykowanego UI jest wyższy niż dla standardowego UI),
- $H_{30}$ : o równości wskaźnika konwersji dla wariantu dedykowanego dla klientów klastra A i serwowanego klientom z klastra B oraz wskaźnika konwersji dla interfejsu standardowego (hipoteza alternatywna  $H_{31}$ : wskaźnik konwersji dla dedykowanego UI jest niższy niż dla standardowego UI, gdy dedykowany UI serwowany jest innej grupie użytkowników niż ta, dla której był projektowany),

- $H_{4_0}$ : o równości wskaźnika konwersji dla wariantu dedykowanego dla klientów klastra A i serwowanego nowym klientom (niesklasteryzowanym) oraz wskaźnika konwersji dla interfejsu standardowego (hipoteza alternatywna  $H_{4_1}$ : wskaźnik konwersji dla dedykowanego UI jest niższy niż dla standardowego UI, gdy dedykowany UI serwowany jest użytkownikom, która nie ma przypisanego klastra).

Przeprowadzone badania eksperymentalne objęły 376.901 sesji użytkowników sklepu internetowego. Uzyskane wyniki pozwoliły na odrzucenie  $H_{2_0}$ , co potwierdziło, że dedykowany wariant UI okazał się lepszy jeśli chodzi o wskaźnik konwersji niż wariant standardowy. Inaczej sprawa miała się z hipotezami  $H_{3_0}$  oraz  $H_{4_0}$ , których nie można było odrzucić na podstawie przeprowadzonych badań. Oznacza to z jednej strony, że warunkiem uzyskania pozytywnych efektów stosowania wielowariantowych UI jest zaprojektowanie wariantów wynikających ze specyficznych cech grup użytkowników, a z drugiej strony pokazuje, że serwowanie innym klastrom wariantu UI dedykowanego konkretnej grupie klientów nie musi negatywnie wpływać na konwersję w tych grupach.

### **BE3. Weryfikacja wpływu dedykowanego UI na zaproponowany wskaźnik mikrokonwersji**

#### **BE3.1.**

Następne badania eksperymentalne [C2] koncentrowały się na weryfikacji wpływu dedykowanego wariantu UI na zaproponowany wskaźnik mikrokonwersji PCR, który został przeanalizowany w ujęciu jednodniowym. Na potrzeby badania wprowadzono dodatkową miarę – CVV (Customer Visit Value), a postawiona hipoteza badawcza dotyczyła równości średnich wartości CVV dla dedykowanego i standardowego wariantu UI:

$$H_0: ACVV_s = ACVV_d$$

$$H_1: ACVV_s < ACVV_d$$

gdzie:  $ACVV_d$  reprezentuje średnią wartości CVV dla klientów z wybranego klastra, którym zaserwowano dedykowany UI, a  $ACVV_s$  reprezentuje średnią wartości CVV dla klientów z tego samego klastra, którym zaserwowano standardowy UI.

Przeprowadzone badania objęły 444.572 sesje klientów sklepu internetowego, a wprowadzone modyfikacje interfejsu użytkownika były ukierunkowane na zwiększenie konwersji częściowej, mierzonej wskaźnikiem PCR.

Na podstawie uzyskanych wyników odrzucono hipotezę  $H_0$  o równości średnich wyników CVV dla grupy porównawczej (otrzymującej standardowy wariant interfejsu) i grupy badawczej (otrzymującej dedykowany wariant interfejsu), co oznaczało przyjęcie  $H_1$ .

Przeprowadzone badanie potwierdziło efektywność rozwiązania, które umożliwia kompleksowe dostarczanie dedykowanych interfejsów użytkownika w oparciu o zachowania klientów sklepów internetowych. Weryfikacja wpływu wariantu dedykowanego UI na zachowania klientów została wykonana na podstawie analizy wartości miar mikrokonwersji – PCR i powiązanego wskaźnika CVV. Są to wskaźniki pozwalające na analizę wykraczającą poza prostą weryfikację makrokonwersji, a jednocześnie nie ograniczają badania do grupy klientów, którzy złożyli zamówienia, co z perspektywy specyfiki handlu elektronicznego jest kluczowe dla personalizacji komunikacji z użytkownikiem. Rezultaty tego badania potwierdziły, że istnieje możliwość wpływania ścieżkę, jaką podążają klienci sklepu internetowego, a wprowadzony wskaźnik PCR pozwala ten wpływ wymiarować.

### **BE3.2.**

Wielowariantowe interfejsy użytkownika mogą być dopasowywane do grup klientów, którzy mają podobne cechy lub zachowania. Oznacza to, że mogą znaleźć zastosowanie w przypadku gdy konieczne jest zaadresowanie specyficznych potrzeb użytkowników, w szczególności w celu ograniczenia wykluczenia cyfrowego lub zaakcentowania wrażliwości sprzedawcy online na sprawy zrównoważonego rozwoju. W celu weryfikacji takiego kierunku zastosowań praktycznych przeprowadzono kolejne badania bazujące na analizie wartości wskaźnika PCR w przypadku zmian UI powiązanych z szeroko rozumianym zrównoważonym rozwojem [C3].

Tym razem przeprowadzone badania empiryczne, bazujące na 332.312 sesjach użytkowników sklepu internetowego, co pozwoliło na weryfikację hipotez dotyczących wpływu zaprojektowanych dedykowanych wariantów UI. W tych badaniach wersje interfejsu użytkownika przygotowano dla wszystkich grup klientów. Otrzymane wyniki

pozwoły na odrzucenie hipotez o braku wpływu dedykowanego UI na zachowania klientów w trzech klastrach (dwukrotnie zaobserwowano wpływ pozytywny, raz negatywny), przy braku podstaw do odrzucenia takiej hipotezy w przypadku jednego klastra. Dzięki temu kolejny raz udało się potwierdzić, że wariant UI ma wpływ na zachowania i decyzje klientów sklepów internetowych, co prowadzi do wniosku, że odpowiednio dobrane modyfikacje mogą mieć istotne znaczenie dla efektywności biznesu online.

Fakt ten wykorzystano dla zaproponowania koncepcji rozbudowy podstawnego rozwiązania wielowariantowego UI o aspekty adresujące kwestie zrównoważonego rozwoju. Wskazano w niej sposób dostosowania elementów zaimplementowanego rozwiązania do wspierania tej koncepcji na etapie zbierania danych, ich przetwarzania (w tym segmentacji klientów) oraz projektowania i serwowania statycznych lub dynamicznych wariantów UI. Pomysł ten stanowił podstawę do kolejnych badań ukierunkowanych na zrównoważony rozwój w handlu elektronicznym.

#### **BE4. Weryfikacja wpływu dedykowanego UI na liczbę złożonych zamówień**

W związku z tym, że pierwsze badania analizujące wpływ dedykowanych wariantów UI na wskaźnik konwersji pozwoliły na wstępną weryfikację zaproponowanej koncepcji wielowariantowego interfejsu użytkownika, w kolejnych badaniach skoncentrowano się na innych aspektach wykorzystania personalizowanych wariantów UI [M1, rozdz. 5].

Określono w nim następujące cele badawcze:

- sprawdzenie, czy warianty dedykowanych interfejsów użytkownika mają taki sam wpływ na odsetek składanych zamówień w różnych klastrach,
- zweryfikowanie, czy możliwe jest zaprojektowanie wariantu interfejsu, który znacząco wpłynęłoby na zachowanie nowych (niesklasteryzowanych) klientów,
- zweryfikowanie, czy pozytywny wpływ dedykowanych wariantów UI na decyzje klientów będzie zachowany, jeśli metoda klasteryzacji zmieni się na K-means.

Aby zrealizować postawione cele dokonano weryfikacji następujących hipotez:

- $H5_0$ : o takim samym wpływie dedykowanego wariantu UI na liczbę złożonych zamówień w różnych klastrach (hipoteza alternatywna  $H5_1$ : dedykowany wariant UI inaczej wpływa na liczbę zamówień składanych w różnych klastrach),
- $H6_0$ : o równości wskaźnika konwersji dla wariantu dedykowanego dla klientów klastra C i serwowanego nowym klientom (niesklasteryzowanym) oraz wskaźnika konwersji dla interfejsu standardowego (hipoteza alternatywna  $H6_1$ : wskaźnik konwersji dla dedykowanego UI jest inny niż dla standardowego UI, gdy dedykowany UI serwowany jest użytkownikom, którzy nie mają przypisanego klastra) – powtórna weryfikacja dla innej metody klasteryzacji, innego wariantu UI i kolejnego zbioru danych o zachowaniach i decyzjach klientów,
- $H7_0$ : o równości wskaźnika konwersji przy klasteryzacji metodą aglomeracyjną i metodą K-means (hipoteza alternatywna  $H7_1$ : wskaźnik konwersji dla klasteryzacji metodą aglomeracyjną i metodą K-means jest różny).

Badanie eksperymentalne przeprowadzono na podstawie 441.342 sesji użytkowników sklepu internetowego. W przeciwieństwie do poprzednich badań jako metodę grupowania klientów zastosowano K-means. Podczas analizy jakości klasteryzacji dawała ona wyniki podobne do metody aglomeracyjnej, ale jest mniej złożone obliczeniowo. Uzyskane rezultaty nie pozwoliły na odrzucenie hipotezy  $H5_0$ , czyli nie udało się stwierdzić istotnych różnic w zmianie liczby składanych zamówień między klastrami po dostarczaniu klientom dedykowanych wariantów UI. W przypadku hipotezy  $H6_0$  także nie było podstaw do odrzucenia, jednak wartość testowa i krytyczna były praktycznie takie same, więc do odrzucenia tej hipotezy było bardzo blisko. Brak podstaw do odrzucenia hipotezy  $H7_0$  pozwolił stwierdzić, że klasteryzacja metodą aglomeracyjną i metodą K-means pozwala na osiąganie porównywalnych zmian wskaźnika konwersji po dostarczeniu klientom dedykowanego wariantu UI. Wniosek ten jest istotny ze względu na różnice w złożoności obliczeniowej obu metod, co oznacza, że bez obawy o spadek efektywności mechanizmu wielowariantowego UI można używać algorytmu K-means zamiast klastrowania aglomeracyjnego.

## **BE5. Weryfikacja możliwości wpływania dedykowanym wariantem UI na zachowania klientów niesklasteryzowanych**

Kolejne badanie poświęcono weryfikacji możliwości wpływania dedykowanymi wariantami UI na klientów niesklasteryzowanych (nowych użytkowników sklepu internetowego) [M1, rozdz. 5]. Z punktu widzenia praktycznego zastosowania koncepcji wielowariantowego UI jest to bardzo istotna kwestia, gdyż przeciętny wskaźnik powrotów do sklepu internetowego w perspektywie 12 miesięcy wynosi 20-30%, czyli zdecydowana większość klientów jest nieznana i nieprzypisana do żadnego klastra w chwili rozpoczęcia aktywności w sklepie.

W tym przypadku określono następujące cele badawcze:

- zweryfikowanie możliwości i skutków obsługi wielu dedykowanych wariantów interfejsów dla jednej grupy klientów,
- zweryfikowanie możliwości zaprojektowania wariantu interfejsu, który mógłby zwiększyć konwersję nowych użytkowników.

Na potrzeby realizacji tych celów dokonano weryfikacji hipotez:

- $H_{8_0}$ : o równości wskaźnika konwersji dla dedykowanego wariantu D oraz wariantu standardowego w przypadku nowych klientów (hipoteza alternatywna  $H_{8_1}$ : wskaźnik konwersji dla dedykowanego wariantu D jest większy niż dla standardowego UI, gdy dedykowany UI serwowany jest użytkownikom, którzy nie mają przypisanego klastra),
- $H_{9_0}$ : o równości wskaźnika konwersji dla dedykowanego wariantu E oraz wariantu standardowego w przypadku nowych klientów (hipoteza alternatywna  $H_{9_1}$ : wskaźnik konwersji dla dedykowanego wariantu E jest większy niż dla standardowego UI, gdy dedykowany UI serwowany jest użytkownikom, którzy nie mają przypisanego klastra).

Badanie eksperymentalne przeprowadzono na podstawie 523.108 sesji użytkowników. Tym razem zaprojektowano dwie wersje dedykowanego interfejsu i dostarczono je grupie nowych klientów. Byli to użytkownicy, których cechy i zachowania nie były znane, więc mogły znacząco się od siebie różnić. W pewnym sensie przeprowadzona weryfikacja

miała charakter testu A/B (lub w tym przypadku nawet testu A/B/C, ponieważ dodatkowo badano standardowy wariant UI), którego celem było zidentyfikowanie różnic we wpływie wariantu interfejsu na grupę nowych klientów. Wyniki badania pokazały, że wariant interfejsu nie miał praktycznie żadnego wpływu na wartości wskaźnika PCR. Oznacza to, że podróż klienta w e-sklepie, w zakresie objętym wskaźnikiem, nie różni się pomimo modyfikacji interfejsu. Można zatem założyć, że wprowadzone zmiany nie wpływają na sposób korzystania z e-sklepu przez nowych klientów. Przyczyną takiego stanu rzeczy może być fakt, że analiza zachowań użytkowników i wprowadzone zmiany koncentrowały się na zwiększeniu konwersji (wskaźnika CR), a nie na zmianie sposobu korzystania ze sklepu internetowego. Z punktu widzenia celu badania najistotniejsze wnioski wynikają z analizy wskaźnika CR. Zaobserwowano, że wartości wskaźnika CR dla obu wariantów interfejsu dedykowanego były o około 13% wyższe niż dla interfejsu standardowego. Jest to wynik, który jest satysfakcjonujący z punktu widzenia efektywności biznesowej sklepu internetowego, gdyż pozwala na znaczne zwiększenie liczby złożonych zamówień. Oznacza to, że cel został osiągnięty (mimo iż statystycznie rzecz ujmując nie było podstaw do odrzucenia  $H_{0_0}$  i  $H_{9_0}$ ), a możliwość projektowania wariantów interfejsu, które poprawiają zachowania nowych użytkowników w zakresie ich decyzji zakupowych, została potwierdzona.

Przeprowadzone badania pozwoliły zweryfikować skuteczność dedykowanych interfejsów użytkownika i dostarczyło odpowiedzi na postawione pytania badawcze.

*PB1. Czy obsługa dedykowanego interfejsu może wpływać na KPI w handlu elektronicznym?*

Wyniki badań eksperymentalnych pokazały, że wskaźniki wydajności sklepów internetowych, takie jak CR lub AOV, zależą od interfejsu użytkownika prezentowanego klientowi. Odpowiednie spersonalizowanie interfejsu użytkownika może pozytywnie wpłynąć na wyniki biznesowe platformy handlu elektronicznego. Ponadto wyniki wskazują, że zmiany interfejsu użytkownika mogą potencjalnie wpływać na wartości wskaźnika PCR, zdefiniowanego w ramach koncepcji wielowariantowego UI w systemach handlu elektronicznym. Miara ta nie ogranicza się tylko do klientów, którzy złożyli zamówienie, ale umożliwia zbadanie całej ścieżki klienta podczas wizyty w sklepie internetowym.

Zarządzający platformami handlu elektronicznego mogą być szczególnie zainteresowani śledzeniem podróży klienta, która ma związek z potencjalnymi korzyściami wynikającymi z samego przeglądania strony (np. wyświetlane reklamy) lub treści (np. oferty), niezależnie od finalnego złożenia zamówienia. W tym scenariuszu PCR umożliwia ocenę zmian interfejsu i ich wpływu na optymalizację wariantu interfejsu użytkownika oglądanego przez określoną grupę klientów.

*PB2. Czy ten sam wariant dedykowanego interfejsu będzie równie skuteczny dla różnych grup (klastrów) klientów?*

Przeprowadzone badania sugerują, że zastosowanie tego samego dedykowanego wariantu interfejsu dla różnych grup klientów skutkuje różnymi poziomami skuteczności. Wniosek ten oznacza, że konwencjonalna praktyka sklepów internetowych polegająca na wdrażaniu jednego interfejsu użytkownika dla wszystkich klientów nie jest optymalna. Modyfikacje interfejsu użytkownika powinny być zatem dostosowywane do specyficznych zachowań każdej grupy klientów, wpisując się w koncepcję wielowariantowego interfejsu użytkownika w handlu elektronicznym.

*PB3. Czy możliwe jest skonfigurowanie takiego dedykowanego wariantu interfejsu, aby kluczowe wskaźniki wydajności miały wyższe wartości?*

Zmiany w zachowaniu i decyzjach klientów wynikające z dedykowanych interfejsów mogą mieć pozytywny lub negatywny wpływ. Co prawda negatywne zmiany są niepożądane, ale zapewniają one jednak wgląd w to, czego należy unikać. Z drugiej strony, pozytywne zmiany przynoszą bezpośrednie i wymierne korzyści właścicielom sklepów internetowych. Wyniki wskazują, że dopasowana wersja interfejsu użytkownika, opracowana na podstawie analizy cech klastra i zachowań użytkowników, znacząco poprawia wskaźniki wydajności handlu elektronicznego. W szczególności pozytywne zmiany dotyczyły wskaźnika CR, a klienci obsługiwani przez dedykowany interfejs składali znacznie więcej zamówień niż klienci z tego samego klastra obsługiwani przez standardowy interfejs. Zjawisko to zaobserwowano w różnych segmentach klientów oraz

w różnych badaniach eksperymentalnych, co potwierdza stabilność tej zależności.

*PB4. Czy serwowanie dedykowanego wariantu interfejsu nowym klientom może wpłynąć na skuteczność systemów handlu elektronicznego?*

Nowi klienci, których zachowanie nie jest znane ze względu na brak wcześniejszej interakcji ze sklepem internetowym, stanowią istotną grupę, która może skorzystać z niestandardowego interfejsu użytkownika. Grupa ta jest liczna, ważna i ma kluczowe znaczenie dla lojalności i powtarzalności transakcji. Dedykowany interfejs użytkownika dla nowych klientów mógłby zawierać funkcje ułatwiające zapoznanie się ze sklepem, jego układem i ofertą, a także dodatkowe dane zwiększające rozpoznawalność marki lub zaufanie do sprzedawcy. Badania wykazały, że taki interfejs użytkownika powinien być odpowiednio opracowany dla tej konkretnej grupy klientów. Obsługa nowych klientów za pomocą dedykowanego interfejsu użytkownika, który miał pozytywny wpływ na aktywnych klientów, nie przynosiła zamierzonego efektu. Zwiększenie skuteczności sklepu internetowego wymaga opracowania modyfikacji dostosowanych do specyficznych potrzeb nowych klientów. Wdrażając wielowariantowe interfejsy użytkownika, kluczowym elementem implementacji zaproponowanej koncepcji powinno być uwzględnienie grupy nowych klientów i traktowanie ich jako swoistego „superklastra”.

Zrealizowane badania empiryczne dostarczają istotnych implikacji dla nauk o zarządzaniu i jakości, weryfikując koncepcję wielowariantowych interfejsów użytkownika jako narzędzia zarządzania doświadczeniem klienta i poprawy jakości usług w środowisku systemów handlu elektronicznego. Opracowane podejście, obejmujące segmentację użytkowników za pomocą algorytmów klasteryzacji (aglomeracyjnego oraz K-means) oraz projektowanie i implementację dedykowanych wariantów UI, zostało poddane ocenie w warunkach rzeczywistego sklepu internetowego poprzez serię badań na dużych zbiorach danych. Przeprowadzone eksperymenty dostarczyły odpowiedzi na postawione pytania badawcze i potwierdziły kluczowe założenia koncepcji wielowariantowych UI w systemach handlu elektronicznego. Pokazały one, że inwestycja w personalizację interfejsu użytkownika przekłada się na

wymierne korzyści, poprawiając kluczowe wskaźniki efektywności operacyjnej i finansowej (współczynnik konwersji, średnia wartość zamówienia, liczba zamówień). Potwierdzono także, że możliwe jest zaprojektowanie wariantów UI, które prowadzą do wymiernej poprawy wyników biznesowych sklepu internetowego w porównaniu do standardowego interfejsu użytkownika.

W kontekście zarządzania jakością, osiągnięcie demonstrowało praktyczne zastosowanie podejścia zorientowanego na klienta. Dostosowanie interfejsu do specyficznych potrzeb i wzorców zachowań różnych grup użytkowników jest bezpośrednim działaniem na rzecz podnoszenia jakości postrzeganej usługi i jakości doświadczenia (UX) użytkownika. Wykorzystanie wskaźników mikrokonwersji rozszerza możliwości monitorowania i doskonalenia jakości interakcji klienta z platformą handlu elektronicznego na etapach poprzedzających zakup. Potwierdzona empirycznie skuteczność personalizacji w zwiększaniu konwersji wskazuje na bezpośredni związek między jakością dopasowania interfejsu a osiąganiem celów biznesowych. Badania nad nowymi użytkownikami dodatkowo uwypuklają potrzebę ciągłego doskonalenia jakości obsługi dla wszystkich grup klientów, w tym tych na wczesnym etapie relacji z firmą.

Podsumowując, przedstawione osiągnięcie naukowe wnosi wkład do dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości poprzez dostarczenie zweryfikowanego empirycznie podejścia do zarządzania jakością doświadczeń cyfrowych klientów sklepów internetowych. Uzyskane wyniki pokazują, że systematyczne podejście do analizy danych i personalizacji interfejsu może stać się efektywnym narzędziem zwiększania operacyjnej skuteczności, poprawy wyników biznesowych i budowania przewagi konkurencyjnej w dynamicznym środowisku handlu elektronicznego.

#### 4.2.4. Propozycja miar jakości klasteryzacji uwzględniających kontekst biznesowy oraz określenie ich wpływu na rekomendacje wyboru algorytmu przy zastosowaniu metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej

Jednym z wyzwań zidentyfikowanych podczas prac nad wielowariantowymi interfejsami użytkownika w handlu elektronicznym okazała się kwestia doboru metody klasteryzacji na potrzeby grupowania klientów na bazie danych behawioralnych. Analiza literaturowa wykazała lukę badawczą polegającą na tym, że powszechnie stosowane kryteria

decyzyjne – bezkontekstowe wskaźniki jakości klasteryzacji – nie uwzględniają specyfiki biznesowej zastosowania generowanych klastrów. W związku z tym podjęto próbę zdefiniowania miar, które brałyby pod uwagę cel praktycznego wykorzystania klasteryzacji. Dodatkowo zweryfikowano możliwości zastosowania metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej do doboru najlepszej metody klasteryzacji dla konkretnego zastosowania biznesowego.

Opisując koncepcję wykorzystania wielowariantowych interfejsów użytkownika [M1, rozdz. 4.4] zaproponowano najprostsze podejście do wyboru metody klasteryzacji, polegające na użyciu klasycznych miar jakości (takich jak np. Silhouette Score, Calinski-Harabasz Index, Davies–Bouldin Index, itp.) oraz agregacji wyników przy zastosowaniu wag (metoda SAW - Simple Additive Weighting). Rozwiązanie takie zostało zastosowane do przygotowania badań wpływu dedykowanych wariantu UI na zachowania klientów [M1, rozdz. 5.2]. Równolegle brano też pod uwagę inną koncepcję (bazującą na analizie eksperckiej) agregacji wartości wskaźników opisujących jakość klasteryzacji [C6]. Badania te doprowadziły do konkluzji, że brak formalizacji procesu decyzyjnego oraz ograniczenie się tylko do typowych wskaźników jakości klasteryzacji, jest istotnym ograniczeniem dla całej koncepcji zastosowania wielowariantowych interfejsów użytkownika. Wniosek ten stanowił podstawę do:

- opracowania zbioru miar opisujących jakość klasteryzacji z uwzględnieniem kontekstu biznesowego (serwowania wariantów UI),
- zastosowania analizy wielokryterialnej w celu wyboru najlepszego algorytmu klasteryzacji.

Pierwsza propozycja zbioru metryk [C4] uwzględniała trzy grupy odnoszące się do różnych aspektów jakości klasteryzacji: wskaźniki bezkontekstowe (tradycyjne, wspomniane wyżej), wskaźniki zużycia zasobów (odnoszące się do wymagań obliczeniowych algorytmów, mierzone stopniem zużycia zasobów serwerowych podczas klasteryzacji) oraz wskaźniki kontekstowe. Tą ostatnią osadzono w kontekście grupowania na potrzeby serwowania wielowariantowych interfejsów użytkownika, ale samo podejście jest bardziej uniwersalne i może być użyte w przypadku każdego innego kontekstu biznesowego. W kolejnych badaniach [C5] zbiór metryk był modyfikowany w związku z uzyskiwanymi rezultatami oraz identyfikowanymi ograniczeniami stosowania

niektórych miar. Dodatkowo pogłębiono kwestie związane z miarami jakości kontekstowej, dzieląc je na metryki powiązane z rozpiętością klastrow oraz wariancją wielkości klastrow.

Ewolucyjne zmiany miały miejsce także w przypadku badań związanych z zastosowaniem metod analizy wielokryterialnej do wyboru algorytmu klasteryzacji. Początkowo badano metodę bazującą na sumach ważonych ([M1], [C4]), następnie zaś dodatkowo badano metody TOPIS - Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution ([C4], [C5]) i VIKOR - VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje ([C5]). Uzyskane wyniki pozwoliły zweryfikować zaproponowane podejście oraz potwierdzić jego skuteczność. Rekomendacje uzyskane po zastosowaniu metod analizy wielokryterialnej były uwzględnione przy doborze algorytmów klasteryzacji użytych w badaniach nad efektywnością biznesową koncepcji wielowariantowego interfejsu użytkownika w sklepach internetowych. Warto zauważyć, że rekomendacje bazujące na metodach analizy wielokryterialnej były podobne do wniosków z analizy eksperckiej, na podstawie których prowadzono wstępne badania efektywności koncepcji wielowariantowych interfejsów użytkownika w sklepach internetowych [C6].

Pierwsze badania wykorzystania metod analizy wielokryterialnej do rozwiązania problemu decyzyjnego wyboru algorytmu klasteryzacji do systemu serwującego wielowariantowy UI [C4], wykorzystywały wprowadzone kontekstowe metryki jakości klasteryzacji i porównywały trzy algorytmy klasteryzacji: K-means, K-medians i BIRCH (Balanced Iterative Reducing and Clustering using Hierarchies). Do analizy wykorzystano dwa niezależne zbiory danych behawioralnych – pierwszy o liczności 512.355 sesji oraz drugi o liczności 532.576 sesji użytkowników. Analizę przeprowadzono dla pojedynczych metryk jakości klasteryzacji oraz dla metryk zagregowanych. Na potrzeby badania wybrano dwie metody agregacji – model sum ważonych (WSM - Weighted Sum Model) oraz TOPSIS. Uzyskane wyniki pozwoliły na praktyczną weryfikację zaproponowanego zbioru miar jakości klasteryzacji. Okazało się, że rekomendacje najlepszych metod grupowania różnią się w zależności od doboru metryk (kryteriów decyzyjnych), co potwierdziło, że popularne podejścia bazujące na pojedynczych metrykach mogą prowadzić do błędnych decyzji. Dodatkowo przeprowadzone badania pozwoliły na

identyfikację ograniczeń przyjętego modelu jakości klasteryzacji i stanowiły podstawę rozwoju koncepcji w ramach kolejnych badań.

W kolejnych badaniach [C5] zmodyfikowano zbiór metryk jakości kontekstowej (dzieląc go na część związaną z licznością klastrów oraz część odnoszącą się do rozpoznawalności cech użytkowników w klastrach), listę analizowanych algorytmów (K-means, K-medians, BIRCH, klastrowanie aglomeracyjne oraz genetyczne) oraz metody analizy wielokryterialnej (TOPSIS, VIKOR). Dodatkowo pogłębiono analizę wrażliwości otrzymywanych rekomendacji na dobór miar jakości klasteryzacji. Badania przeprowadzono na zbiorze 210.274 sesji użytkowników oraz uwzględniono różną liczbę klastrów wynikowych ( $k$ ), będącą jednym ze wstępnych parametrów klasteryzacji. Dokonano analizy dla każdej z grup czynników decyzyjnych oraz każdej kombinacji tych grup, dzięki czemu możliwe było porównanie rekomendacji wynikających z obu metod analizy wielokryterialnej. Otrzymane wyniki ponownie potwierdziły, że dobór miar może wpłynąć na wybór metody klasteryzacji (zwłaszcza w przypadku zastosowania analizy uwzględniającej jedną grupę czynników), co potencjalnie stanowi ryzyko dla całego mechanizmu serwowania wielowariantowego UI jeśli do klasteryzacji klientów zostanie użyty algorytm, który nie uwzględni kontekstu biznesowego i np. wygeneruje klastry o nieodpowiedniej licznosci. Z kolei zastosowanie VIKOR lub TOPSIS oraz uwzględnienie wszystkich aspektów jakości powodowało, że zmienność rekomendacji była mniejsza, co pozwala sądzić, że tak podjęta decyzja co do wyboru metody klasteryzacji byłaby znacznie bardziej racjonalna i dopasowana do kontekstu praktycznego użycia wyników.

W ramach osiągnięcia, wychodząc od ograniczeń tradycyjnych, bezkontekstowych miar jakości grupowania, które nie uwzględniają specyfiki celu biznesowego, opracowano nowatorską propozycję zbioru miar jakości klasteryzacji uwzględniających kontekst biznesowy. Aby zintegrować różnorodne kryteria i wesprzeć proces decyzyjny, zaproponowano i zweryfikowano zastosowanie metod wielokryterialnej analizy decyzyjnej, takich jak SAW, TOPSIS i VIKOR. Przeprowadzone badania empiryczne na rzeczywistych danych behawioralnych użytkowników sklepów internetowych potwierdziły, że wybór algorytmu klasteryzacji (spośród m.in. K-means, K-medians, BIRCH, aglomeracyjnego, genetycznego) jest silnie zależny od przyjętych kryteriów oceny. Wykazano, że poleganie wyłącznie na tradycyjnych miarach może prowadzić do

rekomendacji algorytmów nieoptymalnych z perspektywy biznesowej. Natomiast zastosowanie metod analizy wielokryterialnej, integrujących pełen zestaw zaproponowanych miar (w tym kontekstowych), pozwala na uzyskanie bardziej stabilnych, racjonalnych i dopasowanych do konkretnego zastosowania rekomendacji, co minimalizuje ryzyko wyboru nieefektywnego algorytmu grupowania. Z perspektywy nauk o zarządzaniu i jakości, osiągnięcie to ma istotne znaczenie, gdyż dostarcza sformalizowanego i opartego na danych modelu wspierania decyzji w zakresie wyboru narzędzi analitycznych (algorytmów klasteryzacji), co wpisuje się w dążenie do racjonalizacji procesów zarządczych w obszarze technologii informacyjnych i analityki biznesowej. Ponadto wprowadza nowe podejście do oceny jakości wyników eksploracji danych, rozszerzając ją poza czysto techniczne aspekty i włączając kryterium "jakości jako zgodności z przeznaczeniem" w konkretnym kontekście biznesowym. Proponowane miary kontekstowe oraz metody analizy wielokryterialnej pozwalają na bardziej holistyczną ocenę jakości procesu segmentacji i jego wyników, co bezpośrednio przekłada się na potencjalną efektywność działań podejmowanych na ich podstawie (np. personalizacji), a tym samym na jakość i skuteczność mechanizmu serwowania dedykowanego interfejsu użytkownika w systemach handlu elektronicznego.

#### 4.3. Inne osiągnięcia

##### 4.3.1. Opracowanie modelu jakości usług SOA

W ramach projektu *Nowe technologie informacyjne dla elektronicznej gospodarki i społeczeństwa informacyjnego oparte na paradygmacie SOA* (POIG.01.03.01-00-008/08) opracowałem model jakości usług, stanowiący rozwinięcie standardu ISO 9126. Został on wykorzystany w trakcie implementacji platformy PLATEL. Mój wkład obejmował koncepcję rozszerzenia ówczesnego standardu jakości oprogramowania o cechy i metryki, które odpowiadają specyfice systemów zorientowanych na usługi, w szczególności kompozycji usług złożonych, dopasowanych do potrzeb i wymagań odbiorców.

Wyniki prac zostały zaprezentowane m.in. w publikacjach: *Adaptacja modelu luk do szacowania jakości systemów zorientowanych na usługi*<sup>28</sup>, *Software security in the model for service oriented architecture quality*<sup>29</sup>, *SOA compliance model - an extension of software quality model for service oriented systems*<sup>30</sup> i *Specifications and deployment of SOA business applications within a configurable framework provided as a service*<sup>31</sup>.

#### 4.3.2. Opracowanie metody analizy i minimalizacji ryzyka wdrożeń systemów ERP

Autorska metoda analizy i minimalizacji ryzyka wdrożeń systemów ERP została przeze mnie opracowana w ramach prac związanych z przygotowaniem rozprawy doktorskiej. Stanowiła ona odpowiedź na praktyczne potrzeby wynikające ze specyfiki wdrożeń systemów informatycznych zarządzania na przełomie XX i XXI wieku. Zaproponowane przeze mnie podejście zostało zweryfikowane w trakcie badań eksperymentalnych, a następnie stosowane przez kilka lat przez QAD Polska sp. z o.o. Mój wkład obejmował opracowanie założeń i koncepcji metody, jej formalizację na etapie zbierania danych i ich wstępnego przetwarzania oraz wykorzystania do identyfikacji czynników ryzyka, które stanowią największe zagrożenie dla realizacji projektu wdrożeniowego. Zaproponowane rozwiązanie zostało zwalidowane i zweryfikowane w trakcie badań eksperymentalnych, a następnie w trakcie rzeczywistych wdrożeń systemu klasy ERP.

Wyniki prac badawczych zostały opisane w mojej rozprawie doktorskiej oraz w publikacjach: *Strategie zarządzania ryzykiem realizacji projektów informatycznych*<sup>32</sup>, *Risk factors and risk management in the implementation of the MRPII/ERP systems*<sup>33</sup>,

---

<sup>28</sup> Wasilewski A.: Adaptacja modelu luk do szacowania jakości systemów zorientowanych na usługi. Zeszyty Naukowe. Ekonomiczne Problemy Usług (Uniwersytet Szczeciński). 2010, nr 58, s. 723-731

<sup>29</sup> Kołaczek G., Wasilewski A.: Software security in the model for Service Oriented Architecture quality. Lecture Notes in Computer Science. 2010, vol. 6067, s. 226-235

<sup>30</sup> Wasilewski A.: SOA compliance model - an extension of software quality model for service oriented systems. W: Information systems architecture and technology : networks and networks' services / eds. Adam Grzech [i in.]. Wrocław : Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2010. s. 285-295.

<sup>31</sup> Grzech A., Juszczyszyn K., Kołaczek G., Kwiatkowski J., Sobecki J., Świątek P.R., Wasilewski A.: Specifications and deployment of SOA business applications within a configurable framework provided as a service. W: Advanced SOA tools and applications / Stanisław Ambroszkiewicz [i in.] (eds.). Berlin; Heidelberg: Springer, cop. 2014. s. 7-71. (Studies in Computational Intelligence, ISSN 1860-949X; vol. 499

<sup>32</sup> Wasilewski A., Kubarycz R.: Strategie zarządzania ryzykiem realizacji projektów informatycznych. W: Systemy wspomagania organizacji. SWO '2000, [Ustroń, 25-27 października 2000] / pod red. Jerzego Gołuchowskiego i Henryka Sroki. Katowice : Wydaw. Uczel. AE, 2000. s. 111-116

<sup>33</sup> Wasilewski A.: Risk factors and risk management in the implementation of the MRPII/ERP systems. W: Advanced computer systems. ACS '2000. Proceedings, Szczecin, [23-25] October 2000 / Eds J, Sołdek, J. Pejaś. Szczecin : "Informa", 2000. s. 373-375

*Analiza i minimalizacja ryzyka we wdrożeniach zintegrowanych systemów wspomagania zarządzania<sup>34</sup> i Zarządzanie ryzykiem wdrożeń zintegrowanych systemów informatycznych<sup>35</sup>.*

## 5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

### 5.1. Staż naukowy w Uniwersytecie WSB Merito

Staż naukowy odbyłem w okresie 15.11.2023 – 15.02.2024 w Uniwersytecie WSB Merito.

Opiekunem merytorycznym ze strony Uniwersytetu WSB Merito we Wrocławiu była dr hab. inż. Anna Zgrzywa-Ziemak, prof. UWSBM.

Zakres merytoryczny stażu obejmował badania dotyczące możliwości wykorzystania metod AI/ML do optymalizacji działań na platformach handlu elektronicznego ze względu na udział przedsiębiorstw w zrównoważonym rozwoju.

Rezultaty prac prowadzonych w ramach stażu zostały:

- zaprezentowane w trakcie *IX Annual Seminar Quantitative methods of group decision making* (Wrocław, 24.11.2023) - tytuł wystąpienia: *AI-based Multi-variant E-commerce User Interfaces For Business Sustainability*,
- opublikowane w czasopiśmie *Operations Research and Decisions* (IF=0.7, 70 punktów MNiSW, Q4), w artykule pt. *Multi-variant E-commerce User Interfaces for Business Sustainability* (pozycja **C3** na liście publikacji wchodzących w skład zgłoszonego cyklu),

---

<sup>34</sup> Wasilewski A., Kubarycz R.: Analiza i minimalizacja ryzyka we wdrożeniach zintegrowanych systemów wspomagających zarządzanie. W: Systemy wspomagania organizacji. SWO '2001, [Ustroń, 17-19 października 2001] / pod red. Jerzego Gołuchowskiego i Henryka Sroki. Katowice: Wydaw. Uczel. AE, 2001. s. 74-81

<sup>35</sup> Wasilewski A.: Zarządzanie ryzykiem wdrożeń zintegrowanych systemów informatycznych. W: 21. Międzynarodowe Sympozjum Naukowe Studentów i Młodych Pracowników Nauki, Zielona Góra, [8-9] maj 2000. T. Informatyka. [Zielona Góra : Wydaw. PZielonogórs., 2000]. s. 245-250

- zreferowane w czasie konferencji *ICCS 2024* (Malaga, 2-4.07.2024) oraz opublikowane w materiałach konferencyjnych – artykuł pt. *Sustainability in the digital age: Assessing the carbon footprint of e-commerce platforms*<sup>36</sup> (140 punktów MNiSW).

Oprócz wspomnianych powyżej rezultatów stażu jego efektem było wypracowanie koncepcji wykorzystania wariantów interfejsu użytkownika w sklepach internetowych w celu zwiększenia zaangażowania w zrównoważony rozwój, m.in. poprzez projektowanie i stosowanie wariantów ograniczających ślad węglowy, wariantów dopasowanych do potrzeb osób z ograniczeniami psychofizycznymi, itp.

## 5.2. Współpraca naukowa z Telekom University (Indonezja)

Współpraca z School of Computing, Telekom University, z Indonezji (rok 2024) obejmowała badania związane z wykorzystaniem metod analizy wielokryterialnej w ocenie jakości klasteryzacji bazującej na danych behawioralnych klientów sklepów internetowych.

Efektem tej współpracy jest artykuł opublikowany w czasopiśmie *Egyptian Informatics Journal* (IF=5.0, 70 punktów MNiSW, Q1), pt. *Multi-factor evaluation of clustering methods for e-commerce application* (pozycja **C5** na liście publikacji wchodzących w skład zgłoszonego cyklu).

## 5.3. Współpraca naukowa z Uniwersytetem Warszawskim

Współpraca zespołem naukowców z Wydziału Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego (lata 2023-2025) obejmowała badania związane z zastosowaniem klasteryzacji na potrzeby grupowania klientów sklepów internetowych.

---

<sup>36</sup> Wasilewski A., Kołaczek G.: Sustainability in the digital age: Assessing the carbon footprint of e-commerce platforms. W: Computational Science - ICCS 2024 : 24rd International Conference, Malaga, Spain, July 2-4, 2024 : Proceedings. Pt. 3 / eds. Leonardo Franco [i in.]. Cham : Springer, cop. 2024. s. 154-161. (Lecture Notes in Computer Science, ISSN 0302-9743; vol. 14834).

Efektem tej współpracy jest artykuł zatytułowany: *Clustering methods for adaptive e-commerce user interfaces*<sup>37</sup>, wygłoszony w ramach konferencji International Joint Conference on Rough Sets 2023. Artykuł został wybrany do publikacji w wersji rozszerzonej w czasopiśmie *Applied Soft Computing Journal* (IF=7.2, 200 punktów MNiSW, Q1) i obecnie jest w trakcie procesu recenzyjnego.

#### 5.4. Współpraca naukowa z Politechniką Opolską

Współpraca z Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki Politechniki Opolskiej (lata 2017-2018) obejmowała badania związane z wykorzystaniem koncepcji Service Oriented Architecture (SOA) w handlu elektronicznym.

Efektem tej współpracy jest artykuł konferencyjny zatytułowany: *SOA approach in e-commerce integration*<sup>38</sup>.

#### 5.5. Współpraca naukowa z Akademią Górniczo-Hutniczą, Uniwersytetem Ekonomicznym w Poznaniu, Politechniką Poznańską i Instytutem Podstaw Informatyki PAN

W ramach projektu *Nowe technologie informacyjne dla elektronicznej gospodarki i społeczeństwa informacyjnego oparte na paradygmacie SOA* (POIG.01.03.01-00-008/08) współpracowałem w latach 2008-2012 z badaczami z uczelni wchodzących w skład konsorcjum realizującego ten projekt:

- Akademii Górniczo-Hutniczej,
- Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu,
- Politechniki Poznańskiej,
- Instytutu Podstaw Informatyki PAN z Warszawy.

---

<sup>37</sup> Adam Wasilewski, Mateusz Przyborowski: Clustering methods for adaptive e-commerce user interfaces. W: Rough Sets. International Joint Conference, IJCRS 2023, Krakow, Poland, October 5–8, 2023 : proceedings / eds. Andrea Campagner [i in.]. Cham : Springer, cop. 2023. s. 511-525. (Lecture Notes in Artificial Intelligence. Lecture Notes in Computer Science, ISSN 0302-9743; vol. 14481

<sup>38</sup> Wasilewski A., Wasilewski M.: SOA approach in e-commerce integration. W: Proceedings of the 32nd International Business Information Management Association Conference (IBIMA) : 15-16 November 2018, Seville, Spain / ed. Khalid S. Soliman. [King of Prussia, PA] : International Business Information Management Association, cop. 2018. s. 8506-8515

Efektem tej współpracy są m.in. publikacje: *Specifications and deployment of SOA business applications within a configurable framework provided as a service*<sup>39</sup> oraz *Smart work workbench; integrated tool for IT services planning, management, execution and evaluation*<sup>40</sup>.

## 6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

### 6.1. Działalność dydaktyczna

W czasie swojej pracy na Politechnice Wrocławskiej byłem autorem i prowadzącym wielu kursów, prowadzonych w języku polskim i angielskim, związanych przede wszystkim z zastosowaniami informatyki w zarządzaniu, m.in. dotyczących zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania oraz wykorzystaniu podejścia procesowego, wspieranego narzędziami IT, do optymalizacji działania organizacji gospodarczych. Prowadzone przeze mnie przedmioty znajdowały się w siatkach studiów Wydziału Informatyki i Zarządzania, zarówno na kierunku Zarządzanie, jak i na kierunku Informatyka, a obecnie są elementami programów studiów na Wydziale Zarządzania.

Wybrane kursy, których byłem autorem i głównym prowadzącym:

- Informatyczne systemy zarządzania
- Zintegrowane systemy zarządzania
- Zintegrowane systemy zarządzania II
- Zintegrowane systemy informatyczne zarządzania
- Zastosowania informatyki w zarządzaniu
- Zastosowanie informatyki w finansach
- Management information systems

---

<sup>39</sup> Grzech A., Juszczyżyn K., Kołaczek G., Kwiatkowski J., Sobiecki J., Świątek P.R., Wasilewski A.: *Specifications and deployment of SOA business applications within a configurable framework provided as a service*. W: *Advanced SOA tools and applications* / Stanisław Ambroszkiewicz [i in.] (eds.). Berlin; Heidelberg: Springer, cop. 2014. s. 7-71. (Studies in Computational Intelligence, ISSN 1860-949X; vol. 499

<sup>40</sup> Fraś M., Grzech A., Juszczyżyn K., Kołaczek G., Kwiatkowski J., Prusiewicz A., Sobiecki J., Świątek P.R., Wasilewski A.: *Smart Work Workbench : integrated tool for IT services planning, management, execution and evaluation*. W: *Computational collective intelligence : technologies and applications : Third International Conference, ICCCI 2011, Gdynia, Poland, September 21-23, 2011: proceedings*. Pt. 1 / Piotr Jędrzejowicz, Ngoc Thanh Nguyen, Kiem Hoang (eds.). Berlin; Heidelberg: Springer, cop. 2011. s. 557-571. (Lecture Notes in Computer Science. Lecture Notes in Artificial Intelligence, ISSN 0302-9743; vol. 6922)

- Information systems in management
- Integrated management information systems
- Narzędzia i implementacja aplikacji
- Notacje i modelowanie procesów biznesowych
- Analiza, projektowanie i implementacja procesów biznesowych
- Business process modelling

Warte podkreślenia jest, iż w przypadku większości kursów, oprócz zajęć wykładowych, studenci brali udział w zajęciach laboratoryjnych, w czasie których poznawali najnowocześniejsze narzędzia IT, wspierające zarządzanie organizacjami.

Na prowadzonych przeze mnie zajęciach pierwszy raz na Politechnice Wrocławskiej był wykorzystywany w dydaktyce system klasy ERP (MFG/PRO 9, od roku 1999), pierwszy raz były wykorzystywane narzędzia rodziny ARIS, wspierające zarządzanie procesami biznesowymi (od roku 2003) oraz pierwszy raz wykorzystano system klasy iBPMS (IBM BPM od roku 2021).

Prowadzone zajęcia opieram w dużym stopniu na swoich doświadczeniach praktycznych, czego przykładem jest kurs *Analiza, projektowanie i implementacja procesów biznesowych*, który pogłębia standardową wiedzę z zakresu analizy i modelowania procesów biznesowych o praktyczne aspekty oraz - wynikające z mojego doświadczenia biznesowego - przykłady wykorzystania wytworzonych modeli procesów do implementacji systemów informatycznych.

Przygotowując zajęcia dydaktyczne zawsze duży nacisk kładłem na praktyczne strony przekazywanej wiedzy. Z tego powodu uczestniczyłem w szkoleniach i stażach, m.in. w:

- cyklu 6 szkoleń z oprogramowania MFG/PRO, zorganizowanych przez firmę QAD Polska w 2000 r.,
- szkoleniu z narzędzia ARIS Toolset i ARIS Simulation zorganizowanym przez IDS Scheer Polska sp. z o.o. w maju 2003 r.,
- szkoleniu VMware Infrastructure 3, zorganizowanym przez ITL Polska, w kwietniu 2008 r.,

- stażu w ramach projektu Innowacyjny Transfer (współfinansowany w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego), w okresie marzec 2013 – sierpień 2013, w firmie Sente zajmującej się produkcją i wdrożeniami zintegrowanego systemu informatycznego zarządzania.

Chcąc zapewnić studentom dostęp na zajęciach dydaktycznych do najwyższej klasy oprogramowania inicjowałem i organizowałem wdrożenia wersji studenckich oprogramowania klasy ERP (MFG/PRO 9, MFG/PRO eB2, Infor LN) oraz oprogramowania wspierającego zarządzanie procesami biznesowymi (ARIS Toolset&Simulation).

W ramach Projektu „ZPR PWr – Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Wrocławskiej” przygotowałem wkład merytoryczny, dzięki któremu ówczesny Wydział Informatyki i Zarządzania zakupił licencje dydaktyczne oprogramowania klasy iBPMS – IBM Business Automation Workflow Express.

Na prowadzone przeze mnie zajęcia dydaktyczne często zapraszałem praktyków mających duże doświadczenie w obszarach: zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania, zarządzania procesami biznesowymi i handlu elektronicznego, m.in. z firm QAD, Infor, IDS Scheer, Inteca, Ateris, Fast White Cat.

Moje praktyczne doświadczenia, wynikające z prowadzenia od wielu lat działalności gospodarczej w zakresie doradztwa informatycznego, przekładają się na prowadzone przeze mnie zajęcia dydaktyczne, gdyż umożliwiają mi połączenie teorii i praktyki, dzięki czemu studenci kończą prowadzone przeze mnie kursy ze świadomością jak zdobytą wiedzę przełożyć na konkretne działania w przyszłej pracy. Celowość synergii teorii i praktyki dostrzegam też w tym, że niektórzy absolwenci po latach, zajmując już wysokie stanowiska w firmach IT, wracają z propozycjami wspólnych działań na rzecz nowych roczników studentów, oferując oprogramowanie, prezentacje, staże lub szkolenia.

## 6.2. Działalność organizacyjna

Od 17.06.2003 r. pełniłem funkcję kierownika Pracowni Zintegrowanych Systemów Informatycznych Zarządzania (PSIZ), która w 2005 roku została przekształcona w Laboratorium Jakości Oprogramowania.

Dwukrotnie, jako kierownik PSIZ, aplikowałem o dotacje ze środków Funduszu Nauki i Technologii Polskiej. W roku 2005 Pracownia otrzymała dotację w wysokości 414.000 zł, która została przeznaczona na zakup, wówczas pierwszego na Politechnice, stanowiska pozwalającego na obserwację ruchu gałki ocznej (eye-tracking) w ramach badań użyteczności interfejsów użytkownika systemów informatycznych. W roku 2006 Pracownia otrzymała dotację w kwocie 328.000 zł, dzięki której sfinansowano zakup stanowiska do badania wydajności oprogramowania (w tym oprogramowanie Rational Performance Tester).

Od 1.12.2004 r. do 31.08.2005 r. pełniłem funkcję Doradcy Prorektora Politechniki Wrocławskiej ds. Rozwoju w zakresie oferty projektu „Dostawa i wdrożenie zintegrowanego systemu zarządzania” w Politechnice Wrocławskiej. Jako doradca Prorektora byłem odpowiedzialny za realizację punktu umowy z Computerland, na podstawie której Uczelnia otrzymała licencje na użytkowanie w celach naukowo-dydaktycznych oprogramowania komercyjnego. Licencje obejmowały oprogramowanie: Preactor (system klasy Advanced Planning and Scheduling - APS), Wonderware Factory FS A2 (system klasy Manufacturing Execution System - MES), Business Objects (system klasy Business Intelligence – BI) oraz licencję akademicką na wykorzystanie oprogramowania firmy Oracle. Beneficjentami umowy w zakresie dostarczenia powyższego oprogramowania były ówczesne instytuty: I6 (Instytut Cybernetyki Technicznej), I17 (Instytut Informatyki Technicznej), I23 (Instytut Organizacji i Zarządzania) oraz I24 (Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji).

W latach 2002-2005 byłem członkiem Rady Wydziału Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej.

W roku 2008 i w roku 2024 otrzymałem Nagrodę Rektora w uznaniu wyróżniającego wkładu w działalność Uczelni.

W latach 2009-2011 byłem kierownikiem dwóch edycji studiów podyplomowych: „Euromenadżer” i „Zastosowanie informatyki w procesowym zarządzaniu przedsiębiorstwem”, realizowanych w projekcie „Podyplomowe studia techniczne dla przedsiębiorców i pracowników przedsiębiorstw” (POKL.02.01.01-00-586/09).

## 7. Inne informacje dotyczące kariery zawodowej

Od 2012 roku prowadzę działalność gospodarczą w zakresie doradztwa informatycznego, w obszarach ściśle powiązanych z prowadzonymi zajęciami dydaktycznymi, dzięki czemu jestem w stanie łączyć teorię i praktykę oraz wprowadzać studentów w niuanse ich przyszłej pracy zawodowej. Współpracując przez ponad 12 lat m.in. z Fast White Cat (Grupa Digitree) oraz z firmami z grupy Pelion (m.in. DOZ, PGF, Natura) miałem okazję uczestniczyć w kilkudziesięciu projektach. Byłem w nich odpowiedzialny za zbieranie i analizę wymagań użytkowników różnych systemów informatycznych, modelowanie, optymalizację i implementację procesów biznesowych, przygotowanie architektury integracji współistniejących systemów oraz za nadzór nad implementacją zaprojektowanych rozwiązań. Wśród projektów, które realizowałem można wymienić:

- analizę i modelowanie procesów logistycznych i finansowych oraz opracowanie architektury integracji sklepu internetowego marki 4F, której właścicielem jest firma OTCF, z systemami backendowymi oraz późniejsze przygotowanie i nadzór nad zmianą systemu ERP, działającego w OTCF, z zachowaniem ciągłości działania całej platformy handlu elektronicznego,
- opracowanie rozwiązań integracyjnych pomiędzy sklepem internetowym i nowo wdrażanym systemem ERP dla marki Cocodrillo, której właścicielem jest firma CDRL, oraz nadzór nad prawidłowością i terminowością wdrożenia integracji,
- analizę, zaprojektowanie i nadzór nad realizacją architektury integracji dla szwedzkiej sieci aptek, przejętej przez DOZ i obecnie funkcjonującej pod marką DOZ Apotek,
- analizę procesów i ich optymalizację pod kątem wdrażania różnego rodzaju rozwiązań handlu elektronicznego oraz projektowanie architektury integracji m.in. dla firm: Mazda Polska, Fakro, Grupa MTP, Telecom Slovenia, Skalnik, Tołpa, Kontigo, Tally Weijl, Alshaya, Leroy Merlin, EFL, PGF, Natura, Amboo, Archicom.

.....