



UNIWERSYTET SZCZECIŃSKI  
**INSTYTUT ZARZĄDZANIA**

**mgr Krzysztof Matan**

Autoreferat pracy doktorskiej

**Modelowanie wielokryterialne w ewaluacji narzędzi  
do komponowania procesów biznesowych**

**Promotor:** dr hab. Radosław Miśkiewicz, prof. US      Uniwersytet Szczeciński

**Promotor pomocniczy:** dr Jakub Dowejko      Uniwersytet Szczeciński

**Recenzenci:**

dr hab. inż. Paula Bajdor, prof. PCz.      Politechnika Częstochowska

dr hab. Dariusz Nowak, prof. UEP      Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

dr hab. inż. Piotr W. Saługa, prof. AWSB      Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej

## Spis treści

Uzasadnienie wyboru tematu .....	3
Cele rozprawy doktorskiej.....	6
Zakres rozprawy .....	9
Rozdział 1. Modelowanie procesów biznesowych.....	11
Rozdział 2. Autorski, wielokryterialny model oceny technik modelowania procesów biznesowych...	16
2.1 Podstawy metodyczne autorskiego modelu oceny technik modelowania procesów biznesowych .....	17
2.2 Strukturalizacja autorskiego wielokryterialnego modelu oceny technik modelowania procesów biznesowych .....	22
2.3 Autorski model oceny technik modelowania procesów biznesowych .....	26
Zakończenie.....	37
Bibliografia.....	39

## Uzasadnienie wyboru tematu

Teoria i praktyka zarządzania od zawsze poświęca dużo miejsca poszukiwaniu mechanizmów skutecznego zarządzania przedsiębiorstwem. W obecnym dynamicznym i konkurencyjnym środowisku biznesowym skuteczne zarządzanie przedsiębiorstwem jest kluczowym czynnikiem sukcesu (Erasmus i in., 2020). W tym kontekście nowe metody, narzędzia i techniki wspomagające zarządzanie odgrywają rolę fundamentalną, stanowiąc podstawę zarówno funkcjonowania jak i doskonalenia organizacji. Wiele lat badań wykształciło szereg dedykowanych podejść wspomagających menadżerów w odmiennych obszarach funkcjonalnych przedsiębiorstw. Przytoczyć tutaj można także popularne metody, techniki i narzędzia wykorzystywane na różnych poziomach zarządzania, a dotyczące przykładowo: zarządzania projektami, zarządzania jakością, zarządzania zasobami ludzkimi, zarządzania finansami przedsiębiorstwa czy zarządzania marketingiem. Praktycy zarządzania jak i relewantna naukowa literatura światowa ostatnio poświęca szczególnie dużo miejsca obszarom zarządzania innowacjami, zarządzania wiedzą w organizacji, zrównoważonego zarządzania, zarządzania zielonym czy zrównoważonym łańcuchem dostaw jak też modelowaniu i zarządzaniu procesami biznesowymi.

Ostatni ze wskazanych obszarów - modelowanie procesów biznesowych - pełni rolę szczególną. Rozwój technologii informatycznej spowodował, że studia teoretyczne przeniesiono na grunt szeregu rozwiązań praktycznych, dając decydentom gotowe narzędzia do efektywnego zarządzania procesami biznesowymi w przedsiębiorstwie. Warto tutaj zaznaczyć, że stosując najbardziej podstawowy podział w przedsiębiorstwie wyodrębnić można dwa podsystemy: podsystem zarządzania i podsystem produkcji. W przypadku podsystemu produkcji literatura przedmiotu oraz rynek i praktycy dostarczają od lat szeregu metod i narzędzi wspomagających efektywne zarządzanie (Jaskó i in., 2020; Y. Zhang i in., 2022). Nie bez znaczenia pozostają wsparcie technologiczne i szerzej, inżynierskie podsystemu produkcji oraz rozwijane od lat 70-tych ubiegłego wieku zintegrowane systemy informatyczne zarządzania produkcją klasy MRP (ang. Material/Manufacturing Resource Planning) (Chofreh i in., 2020; Ferrari i in.,

2021). W przypadku podsystemu zarządzania wraz z rozwojem wsparcia informatycznego i wyjścia narzędzi informatycznych poza proste dziedzinowe systemy ewidencyjne (typu ewidencja księgową, sprzedaż/zakup czy kadry / płace) dostrzeżono również możliwość przeniesienia na grunt praktyczny i szerszego wykorzystania teoretycznych rozwiązań modelowych (Ahmadini i in., 2021; Kohtamäki i in., 2022). Do niedawna formalne metody naukowe jak przykładowo sieci Petriego, modele optymalizacji stanowiły domenę naukowców. Dzisiaj są niedołączaną częścią zarówno specjalistycznych metod modelowania procesów biznesowych jak i dedykowanych dla praktyków technik i zintegrowanych narzędzi informatycznych (Bag i in., 2020; Fischer i in., 2020). Powoduje to naturalną potrzebę pogłębionej analizy tego obszaru nauki i praktyki, jak też wypracowania naukowej oceny aktualnego stanu wiedzy w tym obszarze.

Ważność problematyki modelowania procesów biznesowych porusza literatura przedmiotu (Erasmus i in., 2020; Reijers, 2021). Naukowcy dostrzegli, że prawidłowo zidentyfikowane i zamodelowane procesy biznesowe są w stanie znacząco wpływać na redukcję kosztów funkcjonowania przedsiębiorstwa (Bag i in., 2020; Sohns i in., 2023). W opracowaniach (Kir & Erdogan, 2021) oraz (Lamine i in., 2020) wskazuje się na znaczącą poprawę efektywności funkcjonowania systemu informacyjnego organizacji jako rezultat wykorzystania metod i technik modelowania procesów biznesowych. Dodatkowo, identyfikacja modeli procesów biznesowych przedsiębiorstwa minimalizuje ryzyko niepowodzenia wdrożenia zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania przedsiębiorstwa (Brillinger i in., 2020) oraz jest ważnym elementem polityki zarządzania jakością organizacji (Barros i in., 2021). Modelowanie procesów biznesowych znacząco wspiera wprowadzenie w przedsiębiorstwie nowoczesnych narzędzi zarządzania np. system zarządzania relacjami z klientami (ang. Customer Relationship Management - CRM) czy nowoczesne modele kosztów jak rachunek kosztów działań (ang. Activity Based Costing) (Fischer i in., 2020; González Moyano i in., 2022; Lamine i in., 2020).

Należy jednak zaznaczyć, że wskazane rezultaty modelowania procesów biznesowych w przedsiębiorstwie są wynikiem wykorzystania odpowiednich dla organizacji metod i technik modelowania (Reijers, 2021). Dodatkowo, samo modelowanie procesów biznesowych jest wieloetapową czynnością i obejmuje:

identyfikację procesów biznesowych (i ich składowych organizacyjnych i funkcjonalnych) oraz ich przebudowę i optymalizację (M. Camargo i in., 2020). Można zauważyć, że uzyskanie pożądanych efektów modelowania procesów biznesowych w przedsiębiorstwie jest warunkowe, a wśród czynników kluczowych wskazuje się przede wszystkim poprawność wykorzystanych metod i technik modelowania (Beerepoot i in., 2023; Kir & Erdogan, 2021; Tomaskova i in., 2023). W tym aspekcie odpowiedni wybór narzędzia modelowania procesów biznesowych pełni dla przedsiębiorstwa rolę kluczową (Erasmus i in., 2020; Fischer i in., 2020; Lamine i in., 2020). Należy zaznaczyć, że odpowiednia identyfikacja narzędzia i metod modelowania procesów biznesowych to czynność złożona, wymagająca szczegółowej analizy i oceny poszczególnych rozwiązań (González Moyano i in., 2022; Guizani & Ghannouchi, 2021). Potwierdza to relewantna literatura naukowa (Pecchia i in., 2020; Pufahl i in., 2022; Sola i in., 2022), gdzie autorzy wskazują na negatywne konsekwencje wykorzystania nieodpowiednich dla przedsiębiorstwa narzędzi modelowania procesów biznesowych (Battilani i in., 2022; Padró & Carmona, 2022).

Powyższe argumenty skierowały dociekania autora pracy na obszar identyfikacji dostępnych metod i technik modelowania procesów biznesowych, ich szczegółową analizę oraz próbę budowy autorskiego modelu oceny tych rozwiązań.

## Cele rozprawy doktorskiej

Autor rozpoznał i postanowił eksplorować następujące **luki badawcze** w omawianej dziedzinie:

1. Heterogeniczny charakter wiedzy na temat dostępnych metod i technik modelowania procesów biznesowych ograniczający teoretyczną i praktyczną możliwość eksploracji tego obszaru.
2. Widoczny brak obiektywizowanej, szczegółowej analizy porównawczej istniejących metod i technik modelowania procesów biznesowych.
3. W związku z poprzednią luką, brak szczegółowej taksonomii metod i technik modelowania procesów biznesowych.
4. Brak strukturalizacji wiedzy dla obszaru metod i technik modelowania procesów biznesowych.
5. Pomimo wskazań w literaturze przedmiotu co do potrzeby poprawnego doboru metod i technik modelowania procesów biznesowych w organizacji – brak zarówno jednoznacznych wytycznych jak i modeli kompleksowych wspomaganie decyzji w zakresie doboru czy oceny metod i technik modelowania procesów biznesowych.
6. Niezależnie od podnoszonej konieczności poprawnego doboru metod i narzędzi modelowania procesów biznesowych, bardzo ograniczone studia literaturowe w zakresie budowy modeli wielokryterialnych oceny metod i technik modelowania procesów biznesowych.

Wskazane luki badawcze stanowiły podstawę do zdefiniowania zarówno celu jak też zakresu rozprawy doktorskiej. **Celem rozprawy** było opracowanie autorskiego modelu oceny narzędzi modelowania procesów biznesowych, wykorzystującego metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji. W celu obiektywizacji wyników modelowania w pracy wykorzystano szereg komplementarnych metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji, w szczególności metody TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), AHP (Analytical Hierarchy Process) i SPOTIS (Stable Preference Ordering Towards Ideal Solution). Do określenia wag kryteriów wykorzystano dwie metody wyznaczania wag obiektywnych: metody entropii i CRITIC (Criteria Importance Through Inter-

criteria Correlation) (Tuś & Aytac Adalı, 2019b). Ostateczne wyniki modelowania zostały porównane przy pomocy analizy statystycznej.

Aby osiągnąć tak zdefiniowany cel wprowadzono następujący **zbiór celów pośrednich**:

1. Oparta na studiach literaturowych identyfikacja dostępnych metod, technik i narzędzi modelowania procesów biznesowych.
2. Analiza aktualnego stanu wiedzy w zakresie analiz porównawczych metod, technik i narzędzi modelowania procesów biznesowych.
3. Budowa autorskiej taksonomii metod i technik modelowania procesów biznesowych.
4. Wykorzystując autorską taksonomię – budowa autorskiego wielokryterialnego modelu oceny narzędzi modelowania procesów biznesowych.
5. Obiektywizacja wyników modelowania poprzez wykorzystanie zestawu komplementarnych metod wielokryterialnych.

Tak zdefiniowane cele dysertacji zawierają zarówno elementy **teoriopoznawcze** (analiza i ocena istniejących metod technik i narzędzi modelowania procesów biznesowych; analiza dostępnych podejść do oceny metod technik i narzędzi modelowania procesów biznesowych; analiza obszaru metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji) jak i **metodologiczne** (identyfikacja składowych modelu oceny technik modelowania procesów biznesowych; opracowanie kompleksowego wielokryterialnego modelu oceny technik modelowania procesów biznesowych jak i jego weryfikacja i analiza statystyczna dokładności rezultatów uzyskanych z użyciem odmiennych metod wielokryterialnych). Praca zawiera również elementy **użytkitarne** z których najważniejsze to: dostępna dla praktyków kompletna autorska taksonomia dostępnych narzędzi modelowania procesów biznesowych oraz autorski wielokryterialny model oceny technik modelowania procesów biznesowych, który może być wykorzystany przez praktyków zarówno jako wzorcowe rozwiązanie jak też spersonalizowane zgodnie z systemem preferencji decydenta.

Tak sformułowane problem badawczy oraz cel rozprawy stanowiły punkt wyjścia do sformułowania hipotezy badawczej.

**W pracy weryfikuje się hipotezę, że celowe jest opracowanie autorskiego, wielokryterialnego modelu oceny narzędzi komponowania procesów biznesowych.**

Metodykę pracy podporządkowano analizie systemowej. Procedura analizy systemowej według Koźmińskiego (Koźmiński, 1979) polega na realizacji następujących etapów procesu badawczego: sformułowanie problemu badawczego, badania, modelowanie, interpretacja wyników. Cele analizy systemowej to badanie proponowanego rozwiązania i jego zachowania się, jego optymalizacja i podjęcie decyzji praktycznej. Czynności te realizowane są iteracyjnie, przy czym synteza jest tu elementem innowacyjnym dającym nam rozwiązanie danego problemu, natomiast analiza jest procesem weryfikującym stan badań i rozwiązań.

## Zakres rozprawy

Pracę rozpoczyna wstęp zawierający wprowadzenie do problematyki rozprawy, identyfikacja luki badawczej oraz celu rozprawy. Rozdział 1 stanowi wprowadzenie do tematyki modelowania procesów biznesowych. Przybliżono w nim istotę modelowania procesów biznesowych oraz ukazano obszary wykorzystania modelowania procesów biznesowych w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Rozdział 2 obejmuje studia literaturowe w zakresie metod, technik i narzędzi modelowania procesów biznesowych, systematyzujące szczegółowo podstawowe pojęcia z zakresu modelowania procesów biznesowych. W rozdziale tym scharakteryzowano dostępne notacje opisu procesów biznesowych oraz dokonano analizy metod i technik, notacji i narzędzi modelowania procesów biznesowych. Rozdział 3 zawiera uogólnienie doświadczeń metodycznych i praktycznych w zakresie analizy porównawczej narzędzi do modelowania procesów biznesowych. Rozdział ten kończy identyfikacja kryteriów oceny technik modelowania procesów biznesowych oraz ich autorska taksonomia. W Rozdziale 4 przedstawiono podstawy, założenia oraz postać formalną metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji. W rozdziale tym dokonano justyfikacji zastosowanego aparatu badawczego, w szczególności wykorzystanych metod analizy decyzyjnej (MCDA): TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), VIKOR (ViseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), AHP (Analytical Hierarchy Process) i SPOTIS (Stable Preference Ordering Towards Ideal Solution). Przedstawiono również wykorzystane metody wag obiektywnych: metody entropii i CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) (Tuş & Aytaç Adalı, 2019a). Rozdział 5 jest poświęcony części praktycznej pracy i zawiera szczegółową postać opracowanego autorskiego modelu. W rozdziale tym przedstawiono wyniki badań z użyciem opracowanego modelu oraz wyniki przeprowadzonej analizy porównawczej i rankingi narzędzi modelowania procesów biznesowych. Dodatkowe możliwości autorskiego modelu ukazano poprzez poszerzone studia analizy wrażliwości rozwiązań. Dodatkowo, wyniki pośrednie przeprowadzonych obliczeń zamieszczono w Załączniku A. Uzyskane wyniki potwierdziły wiarygodność skonstruowanego modelu. Wykazano również komplementarność otrzymanych wyników dla wszystkich

wyselekcjonowanych metod wielokryterialnych. Rozdział kończy dyskusja dotycząca zarówno najlepszego zidentyfikowanego rozwiązania jak też różnic występujących w wynikach dostarczonych przez poszczególne metody wykorzystane w modelu. Pracę kończy Zakończenie zawierające potwierdzenie osiągnięcia celu pracy oraz wynik weryfikacji hipotezy badawczej. Zaprezentowano wnioski z przeprowadzonych badań jak ukazano kierunki dalszych prac badawczych.

## Rozdział 1. Modelowanie procesów biznesowych

Modelowanie procesów biznesowych obejmuje procesy analizowania, projektowania i opisywania różnych etapów oraz działań, które występują w organizacji w celu osiągnięcia określonych celów biznesowych. Jak podaje G. Moyano i in., dziedzina ta jest związana z tworzeniem graficznych lub opisowych reprezentacji procesów, które ilustrują ich strukturę, sekwencję działań, zasoby i interakcje między nimi (González Moyano i in., 2022). Zagadnienia mieszczące się w zakresie modelowania procesów biznesowych mają na celu zrozumienie, optymalizację i usprawnienie procesów w organizacji. Realizacja tych aspektów pozwala na identyfikację problemów, nieefektywności i obszarów wymagających poprawy, a także umożliwia zaprojektowanie nowych procesów lub zmodyfikowanie istniejących w celu zwiększenia wydajności, obniżenia kosztów, podniesienia jakości usług lub zwiększenia zadowolenia klientów.

Zgodnie z definicją podaną przez B. Zuhaira i N. Ahmad, dziedzina modelowania procesów biznesowych stanowi holistyczne podejście do zarządzania przedsiębiorstwem (Zuhaira & Ahmad, 2021). G. Moyano i in. podają, że metodologie, techniki lub narzędzia, działają poprzez projektowanie, zatwierdzanie, kontrolę, jak również analizę procesów biznesowych obejmujących organizację, ludzi, aplikacje, dokumenty i inne źródła informacji (González Moyano i in., 2022). Jest to ciągły, ustrukturyzowany, analityczny i wielosektorowy proces przedstawiający kilka krytycznych czynników, uwzględniający kilka metod umożliwiających przedsiębiorstwom wysoką orientację na procesy biznesowe. Procesy biznesowe scalają organizację, co umożliwia harmonizację zasobów takich jak procesy, ludzie i systemy. Modelowanie procesów biznesowych opiera się na zaprojektowaniu modelu, który spełnia zestaw kryteriów jakościowych.

J. Erasmus i in. wyjaśniają w swojej pracy, że procedury wchodzące w skład modelowania procesów biznesowych polegają na dokumentowaniu procesów biznesowych z wykorzystaniem połączenia tekstu i notacji graficznej (Erasmus i in., 2020). Żeby z sukcesem modelować procesy biznesowe w organizacji niezbędne jest zaangażowanie dużej liczby pracowników z uwzględnieniem

menedżerów, pracowników szeregowych, zewnętrznych konsultantów. Z tego powodu ważne jest by wszyscy korzystali z tych samych zrozumiałych technik służących do modelowania procesów. W przypadku celu i zakresu modelowania kluczowa jest selekcja notacji umożliwiającej opis wymaganych elementów określających proces na poszczególnych poziomach szczegółowości. Zgodnie z definicją J. Erasmus i in. notacja obejmuje symbole graficzne i powiązane z nimi reguły semantyczne, które rozumieją wszystkie osoby zaangażowane w procedury modelowania procesów (Erasmus i in., 2020). Praktyczny wymiar jakości modelu jest wyrażany poprzez jego zrozumiałość i łatwość interpretacji przez użytkowników. Określa to dopasowanie modelu do potrzeb jego odbiorców i możliwości uzyskania oczekiwanego efektu modelowania.

Jak definiują J. Erasmus i in., modelowanie procesów to czynność polegająca na reprezentowaniu procesów organizacji, która pozwala na analizę jej obecnej formy, tak aby w przyszłości można było ją udoskonalić (Erasmus i in., 2020). Zgodnie z T. Entringer i in. modelowanie jest użyteczne do opisanie i przedstawienia na wykresie ważnych aspektów danego procesu, ze wskazaniem ludzi, działów i powiązań między nimi, w celu ich przedstawienia lub reprezentowania ich odpowiednio, z wyszczególnieniem aspektów, które muszą być wyrażane i używane (T. Entringer i in., 2019).

Dziedzina modelowania procesów biznesowych ma na celu opisanie charakterystyki tych procesów, pokazując jego strukturę, kolejność działań i ich relacje oraz wykorzystywane zasoby. Jest to istotne narzędzie pomocne w zrozumieniu i analizie procesów. Organizacje szeroko stosują to narzędzie w celu dokumentowania i doskonalenia swoich działań. Proces modelowania to technologia, która powinna czynić modelowanie procesów zrozumiałym i rozwijanym z przejrzystością. Jak podają T. C. Entringer i in, dzięki takiemu podejściu do modelowania możliwe jest planowanie, tworzenie procedur i dokumentowanie ich w spójny sposób, umożliwiając pokazanie rzeczywistości firmy i wprowadzanie zmian zgodnie z pożądaną sytuacją (T. C. Entringer i in., 2021). Skuteczne zarządzanie modelami procesów biznesowych ma fundamentalne znaczenie dla utrzymania wydajności i konkurencyjności organizacji.

E. Lamine i in. definiują proces biznesowy jako kompilację zbioru czynności w przedsiębiorstwie ze strukturą opisującą ich logikę, porządek i zależności, których celem jest uzyskanie pożądanego rezultatu (Lamine i in., 2020). Modelowanie procesów biznesowych umożliwia wspólne zrozumienie i analizę procesu biznesowego. Przedsiębiorstwo może być analizowane i integrowane przez pryzmat swoich procesów biznesowych. Użycie właściwego modelu wymaga uwzględnienia celu analizy oraz, znajomości dostępnych technik i narzędzi modelowania procesów.

Według M. Fischer i in. modelowanie procesów biznesowych jest niezbędną i początkową częścią dziedziny określanej jako Business Process Management (BPM) oraz kluczowym elementem w procesowym rozwoju organizacji (Fischer i in., 2020). Dokumentacja i standaryzacja procesów w postaci modeli graficznych wymaga zaangażowania pracowników z różnych działów i poziomów zarządzania, o różnych kompetencjach, a także konsultantów zewnętrznych. Ważne jest zatem, aby wszyscy oni używali tej samej i zrozumiałej notacji modelowania, która określana jest również przez González Moyano i in. jako Business Process Modelling Technique (BPMT) (González Moyano i in., 2022). Definiowanie procesów, ich dokumentowanie w postaci map i modeli oraz ich zrozumiałość stabilizuje początkowy etap wdrożenia BPM i umożliwia organizacji przejście na wyższy poziom dojrzałości i osiągnięcie wyższej efektywności. Modelowanie z wykorzystaniem odpowiednich technik i narzędzi należy do podstawowych usług, które oferują centra doskonałości BPM w organizacjach, które świadomie projektują własne strategie wdrażania i rozwoju BPM.

W literaturze często stosowane jest określenie model BPM (Business Process Modeling) (Erasmus i in., 2020). Zdaniem K. Guizani i S. A. Ghannouchi jest to iteracyjne podejście do tworzenia i dostarczania usług. Polega na utworzeniu zwizualizowanego przebiegu procesu i umożliwia kontrolę biznesowego przebiegu procesu. Cel stanowi dostarczenie ustalonego celu biznesowego w drodze wykonania następujących po sobie etapów procesu (Guizani & Ghannouchi, 2021).

Podsumowując, BPM jest sposobem na zarządzanie procesem biznesowym, sposobem na mapowanie procesu. Składa się z kluczowych elementów wielu

metodologii, uwzględnia wiele narzędzi, zapewnia łatwą implementację nowych procesów i jest skoncentrowany na nieustannej ich poprawie.

Procesy biznesowe stanowią jeden z głównych czynników sukcesu organizacji. Zarządzanie procesami biznesowymi (BPM) z wykorzystaniem zorganizowanych działań daje kontrolę, elastyczność i możliwość dopasowania procesów do strategii przedsiębiorstwa. Znaczenie modelowania procesów biznesowych dla przedsiębiorstw wynika z konieczności dostosowywania procesów do zmian spowodowanych czynnikami wewnętrznymi i zewnętrznymi. Modelowanie procesów biznesowych należy do wymienionych działań, służy do przedstawiania procesów organizacyjnych w logiczny i uporządkowany sposób.

Jak podają J. Erasmus i in., proces to zbiór działań prowadzący do osiągnięcia określonego celu z uzyskaniem mierzalnych efektów przy zoptymalizowanym wykorzystaniu zasobów (Erasmus i in., 2020). Proces biznesowy jest natomiast aktywnością lub zbiorem aktywności, którego celem jest wyprodukowanie dóbr lub usług dla klienta oraz dostarczenie wartości. Proces stanowi strukturę, która może zostać podzielona na kroki i aktywności. Typy procesów są określane przez ich rolę. Wyróżnia się procesy główne, które skupiają się na produkcji i wyniku procesu oraz procesy wspierające, które wspomagają funkcjonowanie procesów głównych. Zagregowane grupy procesów tworzą obszary procesowe stanowiące ramy definiujące naturę grup procesowych. Obszary procesowe określają procesy potrzebne do osiągnięcia celów biznesowych. Grupa procesowa składa się z zestawu procesów i definiuje zdolności przedsiębiorstwa do obsługi infrastruktury przedsiębiorstwa. Proces razem z innymi procesami przyczynia się do tworzenia wartości w ramach cyklu życia procesu, co jest niezbędne do realizacji celów biznesowych grupy procesowej.

Proces dzieli się na poszczególne kroki procesowe, które są jednostką roboczą związaną z dokładnie jednym obiektem i są wykonywane przez jedną rolę. Pięć głównych kroków procesów to: odpowiedź na żądanie, udostępnianie lub publikacja danych wyjściowych, dostarczenie lub publikacja danych wyjściowych i potwierdzenie ich otrzymania, współpraca z innymi krokami w celu wytworzenia wspólnego produktu. Monitorowanie i odpowiedź. Praca procesów jest opisywana przez działania. Aktywności procesowe są źródłem informacji o pełnym zestawie

działań niezbędnych do utworzenia wyjścia z procesu. Procesy zarządzania obejmują strategię i planowanie, budżet oraz zgodność ze standardami. Procesy główne uwzględniają natomiast projektowanie i budowanie, przetwarzanie i dostarczanie. Procesy wspierające mogą być związane z księgowością, usługami IT oraz działem kadr.

Modelowanie procesów biznesowych obejmuje identyfikację, analizę, opis procesów oraz zarządzanie. Notację opisującą procesy biznesowe powinny charakteryzować cechy takie jak jednoznaczność, mierzalność, dysponowanie własną gramatyką, możliwość tworzenia połączeń, użyteczność biznesowa, dostarczanie produktu, dysponowanie własną semantyką oraz unikalność symboli.

Mnogość metod i technik modelowania procesów biznesowych powoduje, że decydent staje przed koniecznością wyboru technik odpowiednich dla własnych potrzeb. W sensie naukowym konieczna jest więc rzetelna i obiektywna analiza porównawcza tych narzędzi. W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe zasady i przykłady analizy porównawczej narzędzi modelowania procesów biznesowych na podstawie literatury. W literaturze przedmiotu porównanie różnych narzędzi do modelowania procesów biznesowych pod kątem ich funkcji, cech, zalet i ograniczeń określane jest mianem benchmarkingu. Jest to proces, który ma na celu wybór najlepszego narzędzia do określonego celu lub organizacji.

Benchmarking narzędzi do modelowania procesów biznesowych jest procesem złożonym, wymagającym uwzględnienia indywidualnych potrzeb i wymagań organizacji. Ważne jest, aby dokładnie zrozumieć cele modelowania procesów i przeprowadzić badania rynku, aby wybrać narzędzie, które najlepiej odpowiada specyficznym potrzebom organizacji. Narzędzia wielofunkcyjne, które mogą być wykorzystane zarówno do modelowania systemu jak i do przeprowadzenia jego symulacji są najlepszym wyborem według M. Camargo i in. (Camargo i in., 2020).

## Rozdział 2. Autorski, wielokryterialny model oceny technik modelowania procesów biznesowych

Niniejszy rozdział przedstawia procedurę przeprowadzonych badań. Uwzględniono budowę modelu wielokryterialnego z uwzględnieniem kryteriów oceny i rozważanych alternatyw, zbiór danych oraz analizę porównawczą MCDA i jej wyniki. Całość uzupełnia analiza wrażliwości uzyskanych rankingów. W badaniu wykorzystano trzy obiektywne metody wyznaczania wag kryteriów: metodę wag równych, metodę wyznaczania wag techniką entropii oraz metodę ważenia kryteriów CRITIC. W pierwszym etapie badań zbudowano uproszczony model oceny zakładając równoważność wszystkich kryteriów. Badanie polegające na ocenie wybranych 17 narzędzi służących do modelowania procesów biznesowych z wykorzystaniem wielokryterialnych metod analizy decyzyjnej przeprowadzono dla metody TOPSIS i dla trzech referencyjnych metod MCDA, jako które wybrano VIKOR, AHP i SPOTIS.

## 2.1 Podstawy metodyczne autorskiego modelu oceny technik modelowania procesów biznesowych

Metody wielokryterialnej analizy decyzji (MCDA) to techniki i narzędzia wykorzystywane do podejmowania decyzji w sytuacjach, w których istnieje wiele kryteriów lub czynników, które należy wziąć pod uwagę przy ocenie różnych opcji lub alternatyw. MCDA pomaga w hierarchicznym uszeregowaniu i ważeniu tych kryteriów oraz ocenie ich wpływu na decyzje.

Metody MCDA znajdują zastosowanie w różnych dziedzinach i sytuacjach, takich jak wybór lokalizacji, ocena projektu inwestycyjnego, ocena produktu lub usługi, wybór dostawcy, analiza ryzyka i wiele innych. Przykładami metod MCDA są AHP (Analytic Hierarchy Process) (Rios & Duarte, 2021), TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) (Chakraborty, 2022), ELECTRE (Elimination and Choice Expressing Reality) (Zahid i in., 2022), PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) (Sotiropoulou & Vavatsikos, 2021) i wiele innych. Metody MCDA pomagają ustrukturyzować proces decyzyjny, biorąc pod uwagę różnorodne kryteria i preferencje, co prowadzi do bardziej świadomych i uzasadnionych decyzji.

Wielokryterialne metody analizy decyzji są stosowane w różnych dziedzinach, takich jak zarządzanie (Vlachokostas i in., 2021), planowanie strategiczne (Yadegaridehkordi i in., 2020), inwestycje (Hussain i in., 2020), ocena projektów (Yannis i in., 2020), ocena ryzyka (Pham i in., 2021), ocena środowiskowa (K. Zhao i in., 2022) i wielu innych, aby wspierać decydentów w podejmowaniu bardziej świadomych i skuteczniejszych decyzji (Torkayesh i in., 2021).

Metody MCDA są wykorzystywane do oceny zbioru alternatyw dla których dysponujemy wartościami wydajności względem wartości istotności kryteriów oceny, nazywanych wagami kryteriów. Wagi mogą być wyznaczone na podstawie wiedzy ekspertów dziedzinowych albo z zastosowaniem obiektywnych technik wyznaczania wag, które obliczają wagi na podstawie danych zawartych w macierzy decyzyjnej z wykorzystaniem formuł matematycznych. Metody MCDA

umożliwiają ocenę z uwzględnieniem wielu wymiarów kryteriów które mogą być zarówno zyskowe jak i kosztowe. Takie podejście umożliwia kompleksową ocenę rozważanych alternatyw poprzez agregację preferencji interesariuszy. Wykorzystanie metod MCDA zapewnia otrzymanie pojedynczego i łatwego do interpretacji wyniku w postaci rankingu alternatyw wygenerowanego na podstawie uporządkowanych wyników metody MCDA. Rodzina metod MCDA obejmuje wiele różnych technik stale powiększa się o nowo opracowane metody (Yalcin i in., 2022). W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawy i założenia wielokryterialnych metod analizy decyzyjnej (MCDA) wykorzystanych w tej pracy. Do tych metod należą TOPSIS, VIKOR, AHP i SPOTIS.

Jak twierdzą B. Bera i in., metoda TOPSIS spośród różnych technik MCDA zdobyła szczególną popularność ze względu na proste kroki obliczeniowe, mocne podstawy matematyczne oraz algorytm łatwy do zrozumienia. Metoda ta porządkuje alternatywy według odległości pomiędzy pozytywnymi i negatywnymi rozwiązaniami idealnymi. Jednak oczekuje się, że alternatywa wybrana podczas podejmowania decyzji będzie bliska rozwiązaniu idealnemu i daleka od rozwiązania nieidealnego (negatywnie idealnego) (Bera i in., 2022).

Jak wyjaśnia F. Sari, metoda VIKOR służy do wyznaczenia listy porządkowej rozwiązań kompromisowych z zadanymi wagami kryteriów. Metoda ta jest skoncentrowana na uporządkowaniu i wyborze szeregu alternatyw w obecności sprzecznych kryteriów. Daje ona możliwość utworzenia wielokryterialnego wskaźnika rankingowego opartego na mierze "bliskości" rozwiązania "idealnego". Metoda VIKOR wyznacza rozwiązanie kompromisowe dla problemów decyzyjnych wymagających uwzględnienia sprzecznych kryteriów, które może wspomóc decydentów w uzyskaniu ostatecznego rozwiązania (Sari, 2021).

Jak podają L. Gupta i J. Dixit, metoda AHP jest metodą, która agreguje wyniki ocen ekspertów do pojedynczego wyniku. Metoda ta daje możliwość wyznaczenia wag eksperckich, jest łatwa do zrozumienia i wykorzystania. Jednak do jej wad należy zjawisko kompensacji liniowej kryteriów. Oznacza to, że korzystne wartości uzyskane przez rozważane alternatywy dla pewnych kryteriów

są w stanie zrekompensować słabe wartości dla innych kryteriów (Gupta & Dixit, 2022).

Metoda SPOTIS jest nową wielokryterialną metodą analizy decyzyjnej opracowaną w roku 2020 przez J. Dezert i innych. Jak podają J. Dezert i in., metoda ta charakteryzuje się odpornością na zjawisko odwracania rang. Odporność na odwracanie rang otrzymano dzięki temu, że jej algorytm nie wymaga dokonywania względnych porównań pomiędzy rozważanymi alternatywami, a jedynie porównania w odniesieniu do rozwiązania idealnego wybranego przez decydenta po przekształceniu oryginalnego problemu MCDA w problem dobrze zdefiniowany poprzez wyznaczenie granic minimalnej i maksymalnej dla każdego kryterium oceny uwzględnionego w problemie. Wymienione zalety powodują, że metoda SPOTIS zapewnia stabilne porządkowanie preferencji w kierunku idealnego rozwiązania przy jednoczesnej bardzo niskiej złożoności algorytmicznej. Metoda SPOTIS wykorzystuje bezpośrednio wartości zawarte w macierzy decyzyjnej oraz wagi kryteriów, dzięki czemu jest łatwa do zrozumienia i zastosowania dla decydentów znających podstawy wielokryterialnej analizy decyzyjnej (J. Dezert i in., 2020).

Wnioski z analizy MCDA mogą pomóc organizacjom w dokonaniu bardziej świadomego wyboru narzędzia do modelowania procesów biznesowych, uwzględniającego różne aspekty, preferencje użytkowników i specyficzne wymagania organizacyjne. Dzięki temu można zminimalizować ryzyko złego doboru narzędzia i dostosować je do konkretnych potrzeb i celów organizacji.

Jak podają M. Kadziński i in., procesy decyzyjne często wykorzystują modele oparte na różnych metodach w celu zapewnienia profesjonalnej analizy i oceny rozważanych alternatyw (Kadziński i in., 2021). Według K. Martyn i M. Kadziński benchmarking polega na przeprowadzeniu analizy porównawczej wyników uzyskanych przez metodę bazową z wynikami dostarczonymi przez metody referencyjne stanowiące punkt odniesienia (Martyn & Kadziński, 2023). W tym celu należy wybrać zestaw referencyjnych metod MCDA. Do analizy podobieństwa rankingów najczęściej wykorzystuje się współczynniki korelacji takie jak współczynnik korelacji Pearsona (Mokarram i in., 2021) lub Spearmana (Sarraf & McGuire, 2020). Podejście benchmarkingowe jest skoncentrowane na

porównywaniu wyników uzyskanych przez poszczególne metody. Jako punkt odniesienia, względem którego wyniki badanych wielokryterialnych metod są porównywane, często przyjmowany jest ranking ekspercki albo jedna wybrana metoda. Problem analizy porównawczej metod MCDA jest poruszany w wielu aktualnych badaniach (Sałabun i in., 2020).

W niniejszej pracy wykorzystano cztery wybrane metody wielokryterialnej analizy decyzyjnej o nazwach TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution), VIKOR (VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), AHP (Analytical Hierarchy Process) i SPOTIS (Stable Preference Ordering Towards Ideal Solution) w celu zbadania jak różnią się uzyskane rankingi. Do określenia wag kryteriów wykorzystano wagi równe oraz wagi uzyskane z wykorzystaniem dwóch obiektywnych metod wyznaczania wag: entropii i CRITIC (Criteria Importance Through Inter-criteria Correlation) (Tuş & Aytaç Adalı, 2019). Ostateczne rankingi zostały porównane przy pomocy współczynnika korelacji Pearsona.

Wybór danych metod jest uzasadniony ich walorami, popularnością i szerokim stosowaniem w rozwiązywaniu wielokryterialnych problemów decyzyjnych. Do zalet AHP należy redukcja subiektywności oraz uniwersalność (Bera i in., 2022). Wśród zalet TOPSIS i VIKOR można wymienić racjonalność, prostotę i bardzo dobrą wydajność obliczeniową oraz wysoką skuteczność w mierzeniu wydajności każdej alternatywy w prosty matematyczny sposób. Wymienione metody charakteryzują się dużą elastycznością i prostotą w modyfikowaniu kryteriów i rang. Ich zastosowanie pomaga uzyskać logiczne i realistyczne wyniki dla rozwiązania różnych problemów oceny i wyboru.

Algorytm VIKOR wykorzystuje normalizację liniową, a metoda TOPSIS normalizację wektorową (D. Zhao i in., 2020). Główną zaletą metody TOPSIS zaproponowanej w 1981 roku przez Hwang i Yoon jest prostota, popularność i dostępność wielu prac badawczych uwzględniających tą metodę (Yu & Pan, 2021). Metoda VIKOR opiera się na pomiarze odległości do rozwiązania idealnego podczas tworzenia rankingu alternatyw. Jest to istotna metoda opracowana przez Opricovic i Tzeng w 2004 roku. Metoda ta dostarcza rozwiązanie, które jest najbliższe rozwiązaniu idealnemu, a alternatywy są oceniane względem wszystkich

rozważanych kryteriów. W przypadku metody VIKOR zakłada się, że alternatywy są oceniane odpowiednio w odniesieniu do funkcji kryteriów. VIKOR określa kompromisową listę rankingową i na jej podstawie dostarcza kompromisowe rozwiązanie.

Metoda SPOTIS jest nową metodą opracowaną w roku 2020 przez J. Dezert i in. Jej walorem jest odporność na zjawisko odwracania rankingów oraz prostota, łatwość użycia i zrozumiałość algorytmu, a także niska złożoność obliczeniowa. Eliminacja problemu odwracania rankingów wynika z faktu, że kolejność preferencji ustalona na podstawie macierzy wyników rozważanego problemu MCDA nie wymaga przeprowadzania względnych porównań między alternatywami, a jedynie porównania w odniesieniu do idealnego rozwiązania wybranego przez projektanta modelu MCDA po przekształceniu niekompletnego oryginalnego problemu MCDA w dobrze zdefiniowany dzięki specyfikacji minimalnych i maksymalnych granic każdego kryterium uwzględnionego w problemie. Innymi słowy ocena każdej alternatywy odbywa się niezależnie od innych. Dzięki temu usunięcie alternatywy lub uwzględnienie nowej alternatywy w nowym dobrze zdefiniowanym problemie MCDA nie spowoduje zmiany kolejności preferencji alternatyw. SPOTIS działa z dowolnym oczekiwanym punktem rozwiązania wybranym w granicach wydajności względem kryteriów oceny (J. Dezert i in., 2020).

Metody MCDA uwzględnione w niniejszym badaniu mają cechy wspólne, ponieważ opierają się na funkcji agregującej reprezentującej bliskość punktów odniesienia. Różne wcześniejsze badania wykazały, że wyżej wymienione metody MCDA wykorzystują różne techniki funkcji agregujących do tworzenia rankingów. Najczęściej stosowane są metody AHP i TOPSIS, które umożliwiają rozwiązania problemów decyzyjnych z wysoką dokładnością (Abdel-Basset i in., 2021).

## 2.2 Strukturalizacja autorskiego wielokryterialnego modelu oceny technik modelowania procesów biznesowych

Pierwszy etap budowy modelu stanowi strukturalizacja rozważanego problemu wielokryterialnego. Poniżej opierając się na studiach literaturowych dokonano identyfikacji oraz justyfikacji przyjętych w modelu kryteriów oceny.

**Kryterium 1 (C<sub>1</sub>)** - Graficzne modelowanie procesów biznesowych - uwzględnienie tego kryterium w ocenie porównawczej narzędzi wykorzystywanych w modelowaniu procesów biznesowych polega na analizie, w jaki sposób narzędzie umożliwia tworzenie przejrzystych, intuicyjnych i kompletnych graficznych modeli procesów biznesowych (Erasmus i in., 2020).

**Kryterium 2 (C<sub>2</sub>)** - Łatwość aktualizacji informacji związanych z procesami biznesowymi – ocena z uwzględnieniem tego kryterium polega na analizie, czy możliwa jest łatwa aktualizacja narzędzia i utrzymanie informacji związanych z procesami biznesowymi wraz z ich ewentualnymi zmianami (Bag i in., 2020).

**Kryterium 3 (C<sub>3</sub>)** - Funkcje do analizy i sprawozdań - Funkcje analizy i raportowania mogą być ważnym kryterium oceny w benchmarkingu narzędzi do modelowania procesów biznesowych. Ocena tego kryterium polega na analizie, w jaki sposób narzędzia umożliwiają analizę danych związanych z procesami biznesowymi oraz generowanie raportów i zestawień na podstawie tych danych (Erasmus i in., 2020).

**Kryterium 4 (C<sub>4</sub>)** - Łączność z innymi aplikacjami takimi jak MS pakiet biurowy – to kryterium, może być ważnym kryterium oceny w benchmarkingu narzędzi do modelowania procesów biznesowych. Ocena tego kryterium dotyczy zdolności narzędzia do integracji z innymi aplikacjami i wymiany danych w celu zapewnienia płynnego przepływu informacji pomiędzy różnymi systemami.

**Kryterium 5 (C<sub>5</sub>)** - Wsparcie dla systemów ERP - stanowi ważne kryterium oceny w analizie porównawczej narzędzi do modelowania procesów biznesowych. Systemy ERP (Enterprise Resource Planning) są szeroko stosowane w przedsiębiorstwach do zarządzania zasobami takimi jak finanse, zasoby ludzkie,

zaopatrzenie czy produkcja. Integracja narzędzia do modelowania procesów biznesowych z systemem ERP może przynieść wiele korzyści.

**Kryterium 6 (C<sub>6</sub>)** - Wsparcie dla frameworków Enterprise Architecture (EA) - może być ważnym kryterium oceny w analizie porównawczej narzędzi do modelowania procesów biznesowych. Ramy EA, takie jak TOGAF (The Open Group Architecture Framework) lub Zachman Framework, są wykorzystywane do tworzenia, zarządzania i ulepszania architektury korporacyjnej, która obejmuje nie tylko procesy biznesowe, ale także strukturę organizacyjną, technologię, dane i wiele innych aspektów.

**Kryterium 7 (C<sub>7</sub>)** - Wsparcie dla standardów takich jak XML, UML, BPMN czy IDEF jest ważnym kryterium oceny w benchmarkingu narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 8 (C<sub>8</sub>)** - Bezpłatna wersja narzędzia do modelowania procesów biznesowych i jego funkcjonalności są ważnym kryterium oceny w analizie porównawczej.

**Kryterium 9 (C<sub>9</sub>)** - Obsługa wielu notacji jest ważnym kryterium oceny w benchmarkingu narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 10 (C<sub>10</sub>)** - Uniwersalność, elastyczność i możliwość integracji z innymi systemami to ważne kryteria oceny narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 11 (C<sub>11</sub>)** - Łatwość użycia, prostota i zrozumiałość to kluczowe kryteria oceny narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 12 (C<sub>12</sub>)** - Zdolność do symulacji jest ważnym kryterium oceny narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 13 (C<sub>13</sub>)** - Przejrzystość i intuicyjność interfejsu są kryteriami oceny narzędzi do modelowania przemysłu biznesowego.

**Kryterium 14 (C<sub>14</sub>)** - Dostępność dokumentacji jest ważnym kryterium oceny narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 15 (C<sub>15</sub>)** - Łatwość rejestracji i instalacji jest ważnym kryterium oceny narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 16 (C16)** - Eksport i import danych to ważne kryterium oceny narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 17 (C17)** - Kryterium oceny prezentacji wyników jest istotne w analizie porównawczej narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 18 (C18)** - Kryterium oceny poprawności diagramów jest istotne w analizie porównawczej narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

**Kryterium 19 (C19)** - Kryterium oceny dotyczące formatowania i układu diagramów jest ważne w benchmarkingu narzędzi do modelowania procesów biznesowych.

Stosując pogłębione studia literaturowe autor niniejszej pracy dokonuje próby identyfikacji wartości kryteriów, tworząc ekspercką taksonomię. Podczas budowy tej taksonomii wykorzystano skalę Likerta. Jak podaje K. Anjaria, skala Likerta jest szeroko stosowaną skalą podczas badań ankietowych. Oceniane przy jej pomocy atrybuty dotyczą między innymi percepcji, jakości, zachowania i zdolności. Skala ta została ona opracowana przez Likerta i jest reprezentowana przez pięciostopniową odpowiedź do każdego atrybutu: najmniej, mniej, umiarkowanie, więcej i najwięcej z punktacją 1, 2, 3, 4 lub 5. Skala lub wynik w kwestionariuszach ze skalą Likerta opiera się na skali interwałowej lub porządkowej (Anjaria, 2022). Autorską taksonomię zaprezentowano w Tabeli 1.

Tabela 1. Taksonomia metod i technik modelowania procesów biznesowych.

A <sub>i</sub>	Kryteria oceny	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>	C <sub>15</sub>	C <sub>16</sub>	C <sub>17</sub>	C <sub>18</sub>	C <sub>19</sub>
	Nazwy narzędzi																			
A <sub>1</sub>	ARIS Toolset	5	5	5	3	5	3	3	3	5	5	1	5	3	5	2	5	5	5	5
A <sub>2</sub>	System Architect (Popkin)	3	3	5	5	1	5	5	1	5	5	1	1	3	5	3	5	5	5	5
A <sub>3</sub>	Corporate Modeler	5	5	5	5	1	1	3	3	3	5	3	2	3	1	2	4	5	5	5
A <sub>4</sub>	Wizdom Works!	3	3	3	3	1	3	5	1	3	3	2	2	3	1	2	4	3	5	3
A <sub>5</sub>	IBM WebSphere Business Integration Modeler	3	5	5	5	1	1	5	1	5	5	2	1	2	3	2	5	5	5	5
A <sub>6</sub>	EnterprisePro	3	5	5	5	1	1	5	1	5	5	2	5	5	5	3	4	5	5	5
A <sub>7</sub>	ProActivity	5	5	5	5	3	1	5	1	3	5	1	5	2	2	1	4	5	5	5
A <sub>8</sub>	Bizagi Modeler i Bizagi Studio	5	5	5	5	2	1	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
A <sub>9</sub>	Adonis	5	5	5	5	5	2	5	5	5	3	5	1	5	5	3	5	5	5	5
A <sub>10</sub>	Bonita Studio	5	5	5	5	5	1	5	5	1	3	5	5	5	5	5	5	5	5	3
A <sub>11</sub>	Visual Paradigm	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
A <sub>12</sub>	Lucidchart	5	5	5	5	2	3	3	3	1	5	5	1	5	5	5	5	5	3	5
A <sub>13</sub>	Gliffy	5	5	3	3	2	1	3	3	1	3	5	1	5	5	5	4	5	5	3
A <sub>14</sub>	Microsoft Visio	5	5	3	5	3	5	5	2	4	3	5	1	5	5	5	5	5	5	5
A <sub>15</sub>	iGraFX Process	3	3	3	3	5	5	3	1	1	3	3	3	5	5	3	4	5	5	3
A <sub>16</sub>	Diagrams.net	3	5	1	5	5	2	3	2	5	3	5	1	5	5	5	5	5	5	5
A <sub>17</sub>	Accuprocess Modeller	3	3	3	1	2	1	3	1	1	5	3	5	4	3	3	4	5	5	5

## 2.3 Autorski model oceny technik modelowania procesów biznesowych

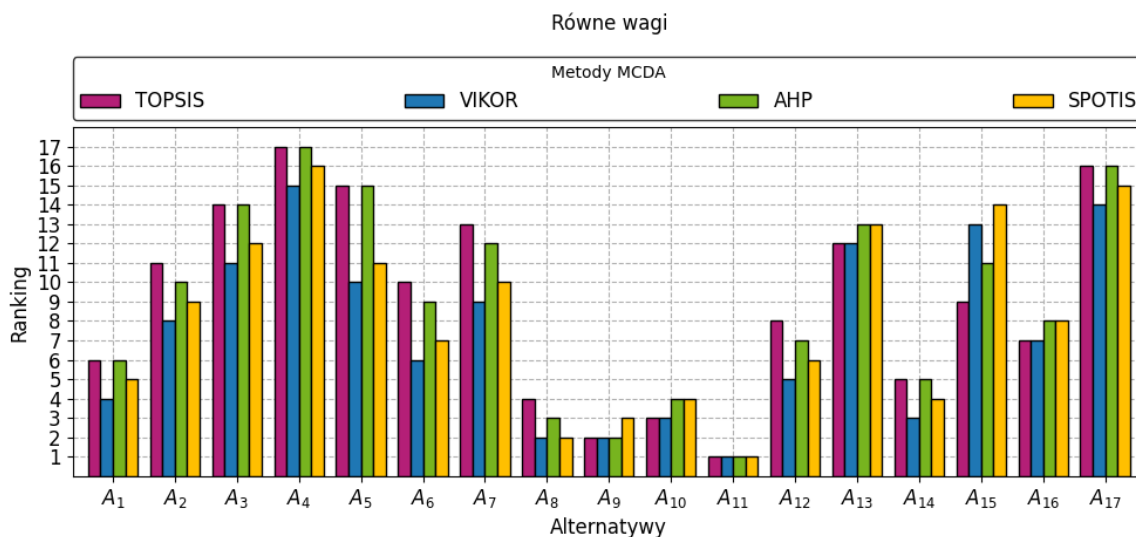
Ze względu na to, że metody MCDA są wykorzystywane w dużej mierze do selekcji najlepszych rozwiązań, w przypadku oceny z wykorzystaniem wielokryterialnych metod analizy decyzyjnej decydentów zwykle najbardziej interesują alternatywy, które zostały ocenione najlepiej. Analiza uzyskanych rankingów dla wag równych przedstawionych w Tabeli 2 i na Rysunku 1 pokazuje, że Visual Paradigm jest liderem rankingów wyznaczonych przy pomocy wszystkich metod MCDA uwzględnionych w niniejszym badaniu. Drugie miejsce w rankingu TOPSIS zajęło narzędzie o nazwie Adonis (A<sub>9</sub>), podobnie jak w rankingu VIKOR i AHP. Natomiast w rankingu SPOTIS narzędzie Adonis zajęło miejsce trzecie. Na trzecim miejscu w rankingu TOPSIS znalazło się narzędzie Bonita Studio (A<sub>10</sub>), podobnie jak w rankingu VIKOR. W rankingach AHP i SPOTIS narzędzie to zajęło miejsce czwarte. Na piątym miejscu rankingu TOPSIS i AHP znalazło się narzędzie Microsoft Visio (A<sub>14</sub>). Narzędzie to zajęło trzecie miejsce w rankingu VIKOR i czwarte miejsce w rankingu SPOTIS.

*Tabela 2. Rankingi wyznaczone z wykorzystaniem metod MCDA dla równych wag kryteriów.*

Symbol narzędzia	Nazwa narzędzia	TOPSIS	VIKOR	AHP	SPOTIS
A <sub>1</sub>	ARIS Toolset	6	4	6	5
A <sub>2</sub>	System Architect (Popkin)	11	8	10	9
A <sub>3</sub>	Corporate Modeler	14	11	14	12
A <sub>4</sub>	Wizdom Works!	17	15	17	16
A <sub>5</sub>	IBM WebSphere Business Integration Modeler	15	10	15	11
A <sub>6</sub>	EnterprisePro	10	6	9	7
A <sub>7</sub>	ProActivity	13	9	12	10
A <sub>8</sub>	Bizagi Modeler i Bizagi Studio	4	2	3	2
A <sub>9</sub>	Adonis	2	2	2	3
A <sub>10</sub>	Bonita Studio	3	3	4	4
A <sub>11</sub>	Visual Paradigm	1	1	1	1
A <sub>12</sub>	Lucidchart	8	5	7	6
A <sub>13</sub>	Gliffy	12	12	13	13

A <sub>14</sub>	Microsoft Visio	5	3	5	4
A <sub>15</sub>	iGraFX Process	9	13	11	14
A <sub>16</sub>	Diagrams.net	7	7	8	8
A <sub>17</sub>	Accuprocess Modeller	16	14	16	15

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 1. Rankingi wyznaczone z wykorzystaniem metod MCDA dla równych wag kryteriów. Źródło: opracowanie własne.

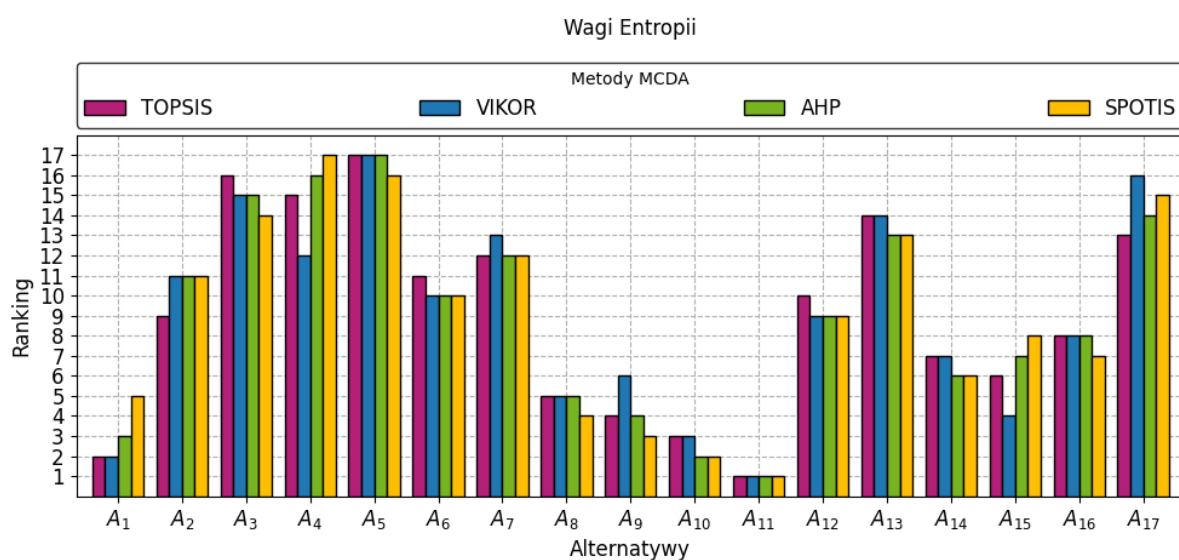
W kolejnym etapie przeprowadzono analogiczne badanie z wykorzystaniem wag kryteriów wyznaczonych metodą entropii. Uzyskane rankingi przedstawiono w Tabeli 3 i zwizualizowano na Rysunku 2.

Tabela 3. Rankingi wyznaczone z wykorzystaniem metod MCDA dla wag kryteriów wyznaczonych metodą entropii.

Symbol narzędzia	Nazwa narzędzia	TOPSIS	VIKOR	AHP	SPOTIS
A <sub>1</sub>	ARIS Toolset	2	2	3	5
A <sub>2</sub>	System Architect (Popkin)	9	11	11	11
A <sub>3</sub>	Corporate Modeler	16	15	15	14
A <sub>4</sub>	Wizdom Works!	15	12	16	17
A <sub>5</sub>	IBM WebSphere Business Integration Modeler	17	17	17	16
A <sub>6</sub>	EnterprisePro	11	10	10	10
A <sub>7</sub>	ProActivity	12	13	12	12

A <sub>8</sub>	Bizagi Modeler i Bizagi Studio	5	5	5	4
A <sub>9</sub>	Adonis	4	6	4	3
A <sub>10</sub>	Bonita Studio	3	3	2	2
A <sub>11</sub>	Visual Paradigm	1	1	1	1
A <sub>12</sub>	Lucidchart	10	9	9	9
A <sub>13</sub>	Gliffy	14	14	13	13
A <sub>14</sub>	Microsoft Visio	7	7	6	6
A <sub>15</sub>	iGrafX Process	6	4	7	8
A <sub>16</sub>	Diagrams.net	8	8	8	7
A <sub>17</sub>	Accuprocess Modeller	13	16	14	15

Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 2. Rankingi wyznaczone z wykorzystaniem metod MCDA dla wag kryteriów wyznaczonych metodą entropii. Źródło: opracowanie własne.

Można zaobserwować, że liderem wszystkich otrzymanych rankingów jest alternatywa o nazwie Visual Paradigm (A<sub>11</sub>), podobnie jak w przypadku badania przeprowadzonego dla równych wag kryteriów. Miejsce drugie w rankingu TOPSIS i VIKOR zdobyło narzędzie ARIS Toolset (A<sub>1</sub>), które w rankingu AHP zajęło miejsce trzecie, natomiast w rankingu SPOTIS miejsce piąte. Wynik ten jest odmienny niż w przypadku równych wag kryteriów, dla których ARIS Toolset uzyskało gorsze wyniki. W badaniu przeprowadzonym dla równych wag ARIS Toolset zajęło miejsce szóste w rankingu TOPSIS i AHP oraz miejsce czwarte w

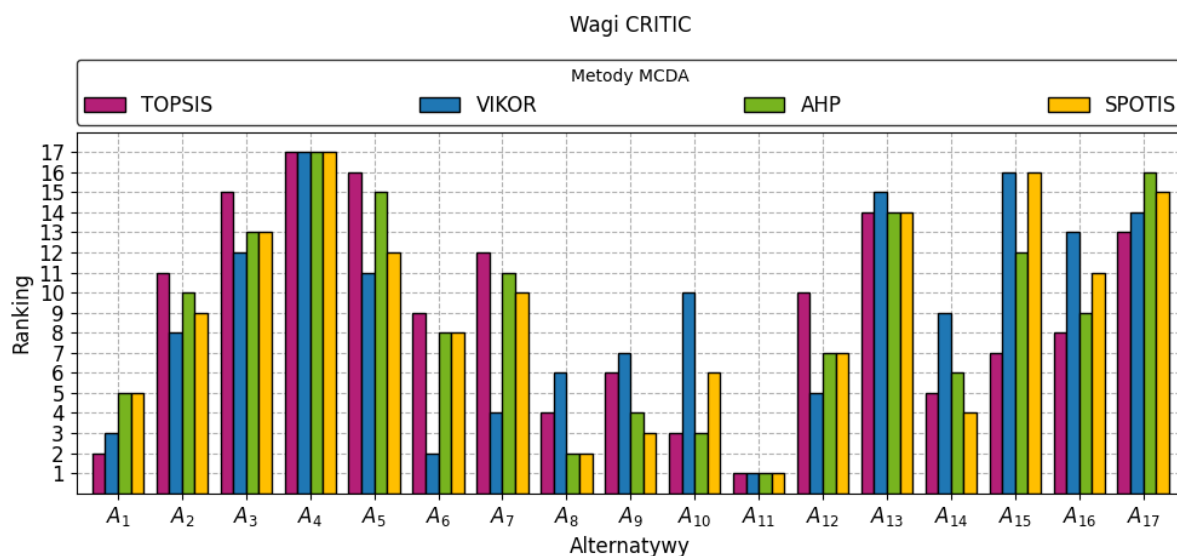
rankingu VIKOR i piąte w rankingu SPOTIS. Obserwowane różnice można uzasadnić odmienną istotnością wag kryteriów wyznaczonych metodą entropii.

Następnym etapem badań była analiza porównawcza wyników metod MCDA dla wag kryteriów wyznaczonych przy pomocy metody CRITIC. Rankingi uwzględnione w tej analizie przedstawiono w Tabeli 4 i zaprezentowano graficznie na Rysunku 3.

*Tabela 42. Rankingi wyznaczone z wykorzystaniem metod MCDA dla wag kryteriów wyznaczonych metodą CRITIC.*

Symbol narzędzia	Nazwa narzędzia	TOPSIS	VIKOR	AHP	SPOTIS
A <sub>1</sub>	ARIS Toolset	2	3	5	5
A <sub>2</sub>	System Architect (Popkin)	11	8	10	9
A <sub>3</sub>	Corporate Modeler	15	12	13	13
A <sub>4</sub>	Wizdom Works!	17	17	17	17
A <sub>5</sub>	IBM WebSphere Business Integration Modeler	16	11	15	12
A <sub>6</sub>	EnterprisePro	9	2	8	8
A <sub>7</sub>	ProActivity	12	4	11	10
A <sub>8</sub>	Bizagi Modeler i Bizagi Studio	4	6	2	2
A <sub>9</sub>	Adonis	6	7	4	3
A <sub>10</sub>	Bonita Studio	3	10	3	6
A <sub>11</sub>	Visual Paradigm	1	1	1	1
A <sub>12</sub>	Lucidchart	10	5	7	7
A <sub>13</sub>	Gliffy	14	15	14	14
A <sub>14</sub>	Microsoft Visio	5	9	6	4
A <sub>15</sub>	iGrafX Process	7	16	12	16
A <sub>16</sub>	Diagrams.net	8	13	9	11
A <sub>17</sub>	Accuprocess Modeller	13	14	16	15

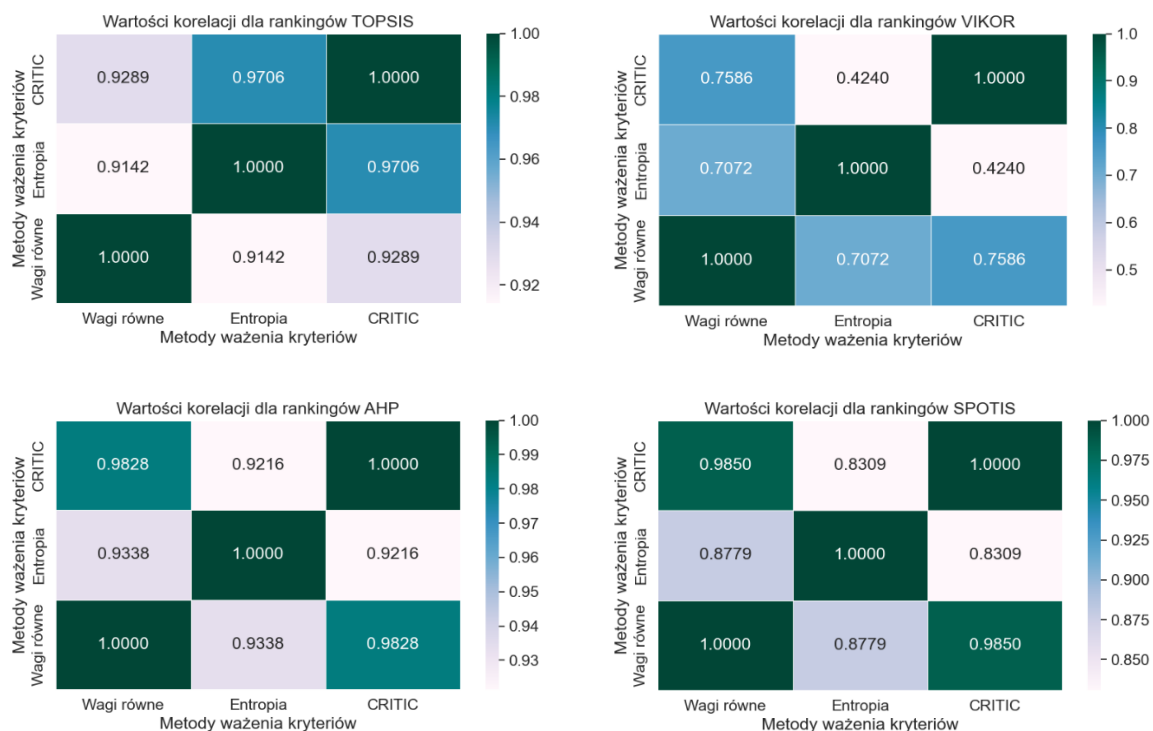
*Źródło: opracowanie własne.*



Rysunek 3. Rankingi wyznaczone z wykorzystaniem metod MCDA dla wag kryteriów wyznaczonych metodą CRITIC. Źródło: opracowanie własne.

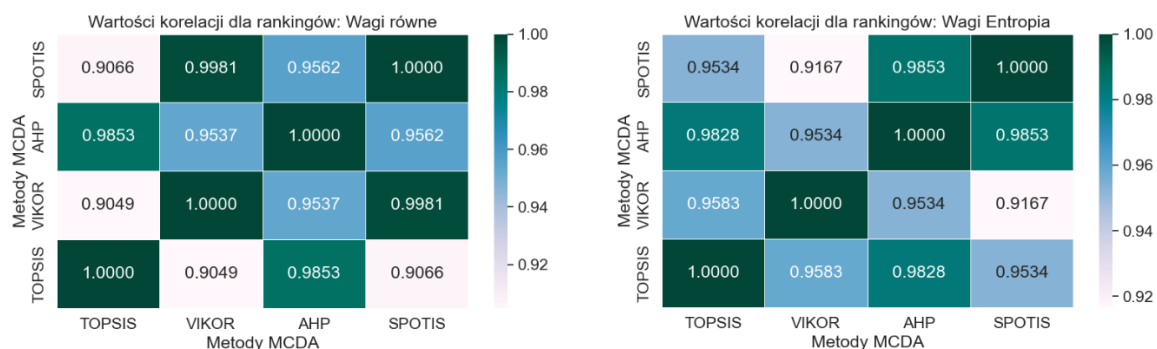
Ocena MCDA z wykorzystaniem wag kryteriów wyznaczonych przy użyciu metody CRITIC pokazuje, że liderem wszystkich uwzględnionych metod wielokryterialnych jest Visual Paradigm (A<sub>11</sub>). Wynik ten jest identyczny jak dla wag równych i wyznaczonych metodą entropii. Wynik ten potwierdza silną pozycję tego narzędzia wśród ocenianych alternatyw wykorzystywanych w modelowaniu procesów biznesowych.

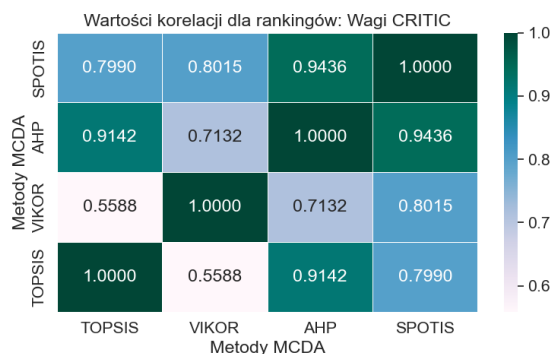
Ze względu na obserwowane różnice w rankingach przeprowadzono badanie korelacji pomiędzy poszczególnymi rankingami z wykorzystaniem obiektywnego współczynnika korelacji Pearsona. Badanie to miało na celu ocenę podobieństwa rankingów i wskazania metod dających najbardziej zbieżne rezultaty. Wyniki przedstawiono na Rysunku 4. Przeprowadzone badanie wskazuje na to, że najwięcej wyników potwierdzających silną korelację otrzymano dla wag równych i obliczonych metodą CRITIC (VIKOR, AHP i SPOTIS). Jedynie dla TOPSIS najwyższą zbieżność wykazały rankingi utworzone z wykorzystaniem wag entropii i CRITIC.



Rysunek 4. Wartości korelacji Pearsona dla rankingów badanych metod MCDA wyznaczonych z wykorzystaniem różnych metod wyznaczania wag kryteriów. Źródło: opracowanie własne.

Jak zaprezentowano na Rysunku 5, przeprowadzona analiza porównawcza rankingów uzyskanych z wykorzystaniem metody TOPSIS oraz pozostałych trzech referencyjnych metod MCDA pozwala stwierdzić, że rankingi TOPSIS wykazały najwyższą zbieżność z rankingami AHP, a najniższą z rankingami VIKOR.

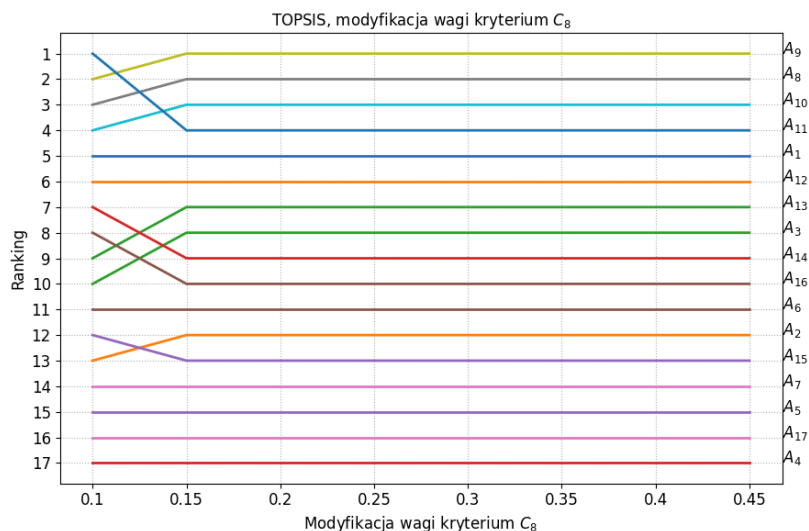




Rysunek 5. Korelacje rankingów uzyskanych z wykorzystaniem różnych metod MCDA dla wag kryteriów wyznaczonych przy pomocy różnych technik ważenia. Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym etapem badań było przeprowadzenie analizy wrażliwości rankingów ocenianych alternatyw, czyli wybranych narzędzi do modelowania procesów biznesowych na modyfikacje wag poszczególnych kryteriów oceny. Modyfikacja wag polega na krokowym zwiększaniu wagi poszczególnych kryteriów podczas gdy wagi pozostałych kryteriów otrzymują równą wartość taką, by suma wag wszystkich kryteriów wynosiła 1. Dla każdej zmiany wartości modyfikowanego kryterium wyznaczany jest ranking przy pomocy metody wielokryterialnej. W niniejszym badaniu analizę wrażliwości przeprowadzono dla metody TOPSIS, a jej wyniki przedstawiono na wykresach liniowych prezentujących zmiany rankingów. Modyfikację kryteriów przeprowadzono w zakresie od wartości 0.1 do 0.45 ze zmiennym krokiem 0.05. Taki przebieg procedury jest uzasadniony faktem, że jedynie w takim zakresie obserwowano zmiany rankingów, przy wyższych wartościach modyfikowanych kryteriów nie występowały one.

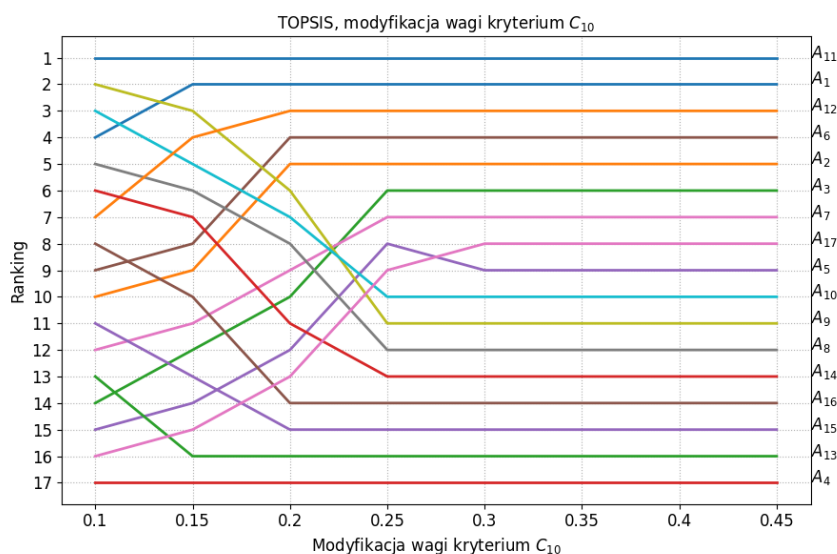
Przeprowadzona analiza wrażliwości umożliwia przedstawienie interesujących wniosków. Alternatywa  $A_{11}$  jest alternatywą o silnej i stabilnej pozycji, ponieważ utrzymuje pozycję lidera podczas pełnej analizy wrażliwości przeprowadzonej dla wszystkich kryteriów z wyjątkiem  $C_8$ , w której spada z miejsca pierwszego na czwarte przy wzroście wagi kryterium  $C_8$  z 0.1 do 0.15, co zostało pokazane na Rysunku 6.



Rysunek 6. Analiza wrażliwości dla kryterium C<sub>8</sub>. Źródło: opracowanie własne.

Następnie A<sub>11</sub> utrzymuje czwartą pozycję podczas dalszego wzrostu istotności kryterium C<sub>8</sub>. Jest to uzasadnione faktem, że dla kryterium C<sub>8</sub> narzędzie A<sub>11</sub> otrzymało ocenę Likerta niższą niż w przypadku pozostałych kryteriów oceny, równą 3. Oceny dla tej alternatywy względem pozostałych kryteriów były równe 5.

Kolejną wysoko ocenioną alternatywą jest A<sub>9</sub>, która w analizie wrażliwości przeprowadzonej dla większości kryteriów utrzymywała wysokie drugie miejsce w rankingu. W przypadku wzrostu istotności kryterium C<sub>10</sub> dla narzędzia A<sub>9</sub> odnotowano jednak znaczny spadek w rankingu z miejsca 2 na 11, co zostało przedstawione na Rysunku 7.



Rysunek 7. Analiza wrażliwości dla kryterium C<sub>10</sub>. Źródło: opracowanie własne.

Jest to spowodowane niską wartością w skali Likerta tego narzędzia względem kryterium  $C_{10}$ , która wynosi dla niego 3. Przeprowadzona analiza pokazuje również, że modyfikacja istotności poszczególnych kryteriów nie powoduje jednakowo znaczących przesunięć w rankingach. Dla pewnych kryteriów przesunięcia te są mało znaczące. Jako przykład można podać kryteria takie jak  $C_8$ ,  $C_{14}$  i  $C_{17}$ . Duży zakres zmian powodowała natomiast analiza wrażliwości przeprowadzona dla kryteriów  $C_7$ ,  $C_9$ ,  $C_{10}$ ,  $C_{12}$  i  $C_{19}$ .

Wyniki analizy wrażliwości pokazują, że jest ona wartościowym i przydatnym narzędziem poszerzającym możliwości analizy wielokryterialnej. Umożliwia badanie stabilności alternatyw z uwzględnieniem zmiennych preferencji decydentów dotyczących istotności kryteriów i analizę wybranych scenariuszy. W przyszłych pracach metoda ta może być wykorzystana do badania wpływu zmian wartości w macierzy decyzyjnej na przesunięcia w rankingach.

Jak wykazały wyniki, najbardziej zrównoważonym wyborem spośród narzędzi wykorzystywanych do modelowania procesów rozważanych w tej pracy na podstawie analizowanych modeli oceny czterech użytych w pracy metod MCDA oraz analizy wrażliwości jest narzędzie do modelowania procesów biznesowych o nazwie Visual Paradigm oznaczone symbolem  $A_{11}$ . Visual Paradigm został wskazany przez wszystkie zastosowane metody MCDA jako lider rankingów. Otrzymane wyniki świadczą o silnej pozycji i stabilności tego narzędzia pod względem wszystkich kryteriów oceny nawet w przypadku zmiany ich priorytetów. Visual Paradigm jest zaawansowanym i wszechstronnym narzędziem do modelowania procesów biznesowych, które oferuje szeroki zakres funkcji i możliwości modelowania. Umożliwia użytkownikom tworzenie różnych typów diagramów takich jak na przykład diagramy przepływu pracy, przepływu danych, mapy procesów oraz diagramy BPMN. Jak twierdzą D. Rosca i L. Domingues, Visual Paradigm posiada przejrzysty i intuicyjny interfejs, co znacznie ułatwia użytkownikom naukę i szybkie tworzenie diagramów bez dużego nakładu czasu (Rosca & Domingues, 2021). Jak podają R. Lipski i D. Lipski, Visual Paradigm jest aplikacją, która wspiera różne standardy modelowania procesów, takie jak BPMN, UMF, DFD i wiele innych. Dzięki temu użytkownicy mają możliwość przekształcania utworzonych schematów w profesjonalne diagramy (Lipski & Lipski, 2022). Narzędzie umożliwia pracę zespołową, co daje możliwość

wspólnego zdalnego opracowywania projektów przez różne osoby nawet z odległych lokalizacji. Visual Paradigm pozwala na automatyczne generowanie dokumentacji i raportów na podstawie utworzonych diagramów, ułatwiając dokumentowanie procesów biznesowych. Visual Paradigm zapewnia integrację z innymi narzędziami takimi jak MS Office, GitHub, JIRA, Trello, co ułatwia zarządzanie projektem i synchronizację danych. Narzędzie umożliwia przeprowadzanie analizy procesów biznesowych i symulacji, dzięki czemu użytkownicy mają możliwość identyfikacji obszarów wymagających optymalizacji i usprawnień. Istotną zaletą jest również wsparcie techniczne dla użytkowników udzielane przez firmę dostarczającą Visual Paradigm, która regularnie aktualizuje narzędzie udostępniając nowe funkcje i rozwiązania problemów. Łatwość użycia, wsparcie dla wielu standardów, zaawansowane funkcje oraz dostępność wersji darmowej czyni z Visual Paradigm wartościowe narzędzie do modelowania procesów biznesowych.

Wyniki dla kolejnych alternatyw w obrębie poszczególnych metod MCDA są mniej jednolite. Różnice w rankingach wygenerowanych przez poszczególne metody wynikają z różnic w ich algorytmach. Metoda TOPSIS tworzy rankingi w oparciu o pomiar odległości rozważanych alternatyw od rozwiązania idealnego i antyidealnego. W ocenie TOPSIS promowane są więc wyważone rozwiązania, których wartości dla poszczególnych kryteriów są jednocześnie jak najbliższe rozwiązaniu idealnemu i jak najdalsze od rozwiązania antyidealnego. Metody VIKOR i SPOTIS szeregują natomiast alternatywy w oparciu o bliskość alternatyw do idealnego rozwiązania (J. Dezert i in., 2020). Z kolei metoda AHP agreguje priorytety lokalne alternatyw w celu wygenerowania rankingu.

Ze względu na różnice w działaniu poszczególnych algorytmów MCDA dla decydentów rekomendowany jest wybór metody w zależności od ich indywidualnych priorytetów, którymi kierują się w rozwiązywaniu danego problemu decyzyjnego. Jeśli dla decydentów istotne są jak najlepsze wartości w obrębie jak największej liczby ocenianych atrybutów, a nie mają dla nich znaczenia słabe wartości dla pojedynczych cech, to w tym przypadku zalecane są metody uwzględniające w ocenie bliskość do rozwiązania idealnego takie jak VIKOR lub SPOTIS. Jeśli jednak decydenci są zainteresowani wyborem bardziej wyważonych rozwiązań które posiadają jak najmniejszy poziom słabych wartości w obrębie

rozważanych kryteriów, to sugerowany jest wybór metody uwzględniającej w obliczeniach zarówno bliskość do rozwiązania idealnego jak i odległość od rozwiązania antyidealnego.

## Zakończenie

Jak wykazano w pracy, problematyka modelowania procesów biznesowych jest aktualna i ważna zarówno z naukowej jak i praktycznej perspektywy. Przytaczane jest szereg argumentów stanowiących o celowości użycia metod, technik i narzędzi modelowania procesów biznesowych w przedsiębiorstwie. Z drugiej strony wskazywane jest szereg kluczowych czynników w procesie skutecznego wprowadzenia tych narzędzi w organizacji. Literatura przedmiotu wskazuje, że poprawne identyfikacja i dobór narzędzi modelowania procesów biznesowych pełnią rolę kluczową.

W tym aspekcie zdefiniowano cel pracy - zbudowanie modelu oceny wielokryterialnej narzędzi wykorzystywanych w modelowaniu procesów biznesowych. Należy uznać, że został on osiągnięty. Wykorzystując literaturę referencyjną utworzono model obejmujący kryteria i narzędzia modelowania procesów biznesowych. Dokonano budowy autorskiej taksonomii tych narzędzi. W budowie autorskiego modelu do oceny alternatyw wykorzystano wielokryterialną metodę TOPSIS oraz w celu przeprowadzenia analizy porównawczej - trzy referencyjne metody MCDA, którymi są: VIKOR, AHP i SPOTIS. Analizę porównawczą przeprowadzono również dla trzech metod wyznaczania obiektywnych wag kryteriów, którymi są metoda wag równych, metoda entropii oraz metoda CRITIC. Analiza zbieżności wyników dla poszczególnych metod wielokryterialnych i metod ważenia ukazują jednoznacznie poprawność wykorzystanego aparatu matematycznego. Dodatkowo, w pracy wykorzystano również własności analityczne metod wielokryterialnych. Przeprowadzona analiza wrażliwości ukazała również siłę i stabilność pozyskanych rankingów narzędzi modelowania procesów biznesowych, co ma dużą wartość praktyczną.

Należy uznać, że osiągnięto również wszystkie zdefiniowane we wstępie cele pośrednie. Dokonując pogłębionej analizy literatury przedmiotu zidentyfikowano dostępne metody, techniki i narzędzia modelowania procesów biznesowych. Zanalizowano dostępne analizy porównawcze metod, technik i narzędzi modelowania procesów biznesowych. Na bazie tego dokonano budowy autorskiej taksonomii metod i technik modelowania procesów biznesowych i kolejno, wykorzystując autorską taksonomię, opracowano autorski

wielokryterialny model oceny narzędzi modelowania procesów biznesowych. Stosując komplementarne metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji oraz odmienne metody ważenia dokonano obiektywizacji wyników modelowania. Uzyskane rezultaty jednoznacznie potwierdzają celowość wykorzystania metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji w procesie oceny narzędzi modelowania procesów biznesowych. Należy przyjąć, że hipoteza postaci „celowe jest opracowanie autorskiego, wielokryterialnego modelu oceny technik modelowania procesów biznesowych” została poprawnie zweryfikowana.

Oczywiście zawarte w pracy rozważania otwierają nowe obszary badawcze. Interesującym wyzwaniem wydaje się opracowanie szczegółowych taksonomii metod i technik modelowania procesów biznesowych. Stwarza to z kolei możliwość strukturalizacji wiedzy dla tego obszaru (na przykład poprzez opracowanie kompletnej ontologii metod, technik i narzędzi modelowania procesów biznesowych). Kolejnym interesującym wyzwaniem wydaje się uwzględnienie niepewności danych eksperckich zawartych w autorskiej taksonomii narzędzi modelowania procesów biznesowych. Zastosowanie w tym obszarze logiki rozmytej oraz rozwinięć rozmytych metod wielokryterialnych wydaje się szczególnie interesującym wyzwaniem naukowym.

## Bibliografia

- Abdel-Basset, M., Gamal, A., Chakraborty, R. K., & Ryan, M. (2021). A new hybrid multi-criteria decision-making approach for location selection of sustainable offshore wind energy stations: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 280, 124462. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124462>
- Anjaria, K. (2022). Knowledge derivation from Likert scale using Z-numbers. *Information Sciences*, 590, 234–252. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.01.024>
- Bag, S., Wood, L. C., Mangla, S. K., & Luthra, S. (2020). Procurement 4.0 and its implications on business process performance in a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 152, 104502. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104502>
- Bera, B., Shit, P. K., Sengupta, N., Saha, S., & Bhattacharjee, S. (2022). Susceptibility of deforestation hotspots in Terai-Dooars belt of Himalayan Foothills: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS models. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(10, Part A), 8794–8806. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2021.10.005>
- Boumaiza, A., Sanfilippo, A., & Mohandes, N. (2022). Modeling multi-criteria decision analysis in residential PV adoption. *Energy Strategy Reviews*, 39, 100789. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100789>
- Camargo, M., Dumas, M., & González-Rojas, O. (2020). Automated discovery of business process simulation models from event logs. *Decision Support Systems*, 134, 113284. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113284>
- Chakraborty, S. (2022). TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis. *Decision Analytics Journal*, 2, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.dajour.2021.100021>
- Entringer, T. C., Ferreira, A. da S., & Nascimento, D. C. de O. (2021). Comparative analysis of the main business process modeling methods: A bibliometric study. *Gestão & Produção*, 28.
- Entringer, T., Nascimento, D., Ferreira, A., Siqueira, P., Boechat, A., Cerchiaro, I., Mendonça, S., & Ramos, R. (2019). Comparative analysis main methods business process modeling: Literature review, applications and examples. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 6(5).

- Erasmus, J., Vanderfeesten, I., Traganos, K., & Grefen, P. (2020). Using business process models for the specification of manufacturing operations. *Computers in Industry*, *123*, 103297. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103297>
- Fischer, M., Imgrund, F., Janiesch, C., & Winkelmann, A. (2020). Strategy archetypes for digital transformation: Defining meta objectives using business process management. *Information & Management*, *57*(5), 103262. <https://doi.org/10.1016/j.im.2019.103262>
- González Moyano, C., Pufahl, L., Weber, I., & Mendling, J. (2022). Uses of business process modeling in agile software development projects. *Information and Software Technology*, *152*, 107028. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.107028>
- Guizani, K., & Ghannouchi, S. A. (2021). An approach for selecting a business process modeling language that best meets the requirements of a modeler. *CENTERIS 2020 - International Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN 2020 - International Conference on Project MANagement / HCist 2020 - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies 2020, CENTERIS/ProjMAN/HCist 2020*, *181*, 843–851. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.238>
- Gupta, L., & Dixit, J. (2022). A GIS-based flood risk mapping of Assam, India, using the MCDA-AHP approach at the regional and administrative level. *Geocarto International*, *37*(26), 11867–11899. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2060329>
- Hussain, J., Zhou, K., Guo, S., & Khan, A. (2020). Investment risk and natural resource potential in “Belt & Road Initiative” countries: A multi-criteria decision-making approach. *Science of The Total Environment*, *723*, 137981. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137981>
- J. Dezert, A. Tchamova, D. Han, & J. -M. Tacnet. (2020). The SPOTIS Rank Reversal Free Method for Multi-Criteria Decision-Making Support. *2020 IEEE 23rd International Conference on Information Fusion (FUSION)*, 1–8. <https://doi.org/10.23919/FUSION45008.2020.9190347>
- Kadziński, M., Martyn, K., Cinelli, M., Słowiński, R., Corrente, S., & Greco, S. (2021). Preference disaggregation method for value-based multi-decision sorting problems with a real-world application in nanotechnology. *Knowledge-Based Systems*, *218*, 106879. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.106879>
- Lamine, E., Thabet, R., Sienou, A., Bork, D., Fontanili, F., & Pingaud, H. (2020). BPRIM: An integrated framework for business process management and risk management. *Computers in Industry*, *117*, 103199. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103199>

- Lipski, R., & Lipski, D. (2022). Tools for modeling and simulating business processes-a comparative analysis. *Journal of Computer Sciences Institute*, 22, 46–50.
- Martyn, K., & Kadziński, M. (2023). Deep preference learning for multiple criteria decision analysis. *European Journal of Operational Research*, 305(2), 781–805. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.06.053>
- Mokarram, M., Shafie-khah, M., & Aghaei, J. (2021). Risk-based multi-criteria decision analysis of gas power plants placement in semi-arid regions. *Energy Reports*, 7, 3362–3372. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.071>
- Pham, B. T., Luu, C., Dao, D. V., Phong, T. V., Nguyen, H. D., Le, H. V., von Meding, J., & Prakash, I. (2021). Flood risk assessment using deep learning integrated with multi-criteria decision analysis. *Knowledge-Based Systems*, 219, 106899. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.106899>
- Rios, R., & Duarte, S. (2021). Selection of ideal sites for the development of large-scale solar photovoltaic projects through Analytical Hierarchical Process – Geographic information systems (AHP-GIS) in Peru. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111310. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111310>
- Rosca, D., & Domingues, L. (2021). A Systematic Comparison of Roundtrip Software Engineering Approaches applied to UML Class Diagram. *CENTERIS 2020 - International Conference on ENTERprise Information Systems / ProjMAN 2020 - International Conference on Project MANagement / HCist 2020 - International Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies 2020, CENTERIS/ProjMAN/HCist 2020*, 181, 861–868. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.240>
- Sari, F. (2021). Forest fire susceptibility mapping via multi-criteria decision analysis techniques for Mugla, Turkey: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *Forest Ecology and Management*, 480, 118644. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118644>
- Sarraf, R., & McGuire, M. P. (2020). Integration and comparison of multi-criteria decision making methods in safe route planner. *Expert Systems with Applications*, 154, 113399. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113399>
- Sotiropoulou, K. F., & Vavatsikos, A. P. (2021). Onshore wind farms GIS-Assisted suitability analysis using PROMETHEE II. *Energy Policy*, 158, 112531. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112531>

- Torkayesh, A. E., Ecer, F., Pamucar, D., & Karamaşa, Ç. (2021). Comparative assessment of social sustainability performance: Integrated data-driven weighting system and CoCoSo model. *Sustainable Cities and Society*, 71, 102975. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102975>
- Tuş, A., & Aytaç Adalı, E. (2019). The new combination with CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem. *OPSEARCH*, 56(2), 528–538. <https://doi.org/10.1007/s12597-019-00371-6>
- Vlachokostas, Ch., Michailidou, A. V., & Achillas, Ch. (2021). Multi-Criteria Decision Analysis towards promoting Waste-to-Energy Management Strategies: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110563. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110563>
- Yadegaridehkordi, E., Hourmand, M., Nilashi, M., Alsolami, E., Samad, S., Mahmoud, M., Alarood, A. A., Zainol, A., Majeed, H. D., & Shuib, L. (2020). Assessment of sustainability indicators for green building manufacturing using fuzzy multi-criteria decision making approach. *Journal of Cleaner Production*, 277, 122905. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122905>
- Yalcin, A. S., Kilic, H. S., & Delen, D. (2022). The use of multi-criteria decision-making methods in business analytics: A comprehensive literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 174, 121193. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121193>
- Yannis, G., Kopsacheili, A., Dragomanovits, A., & Petraki, V. (2020). State-of-the-art review on multi-criteria decision-making in the transport sector. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(4), 413–431. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.005>
- Yu, D., & Pan, T. (2021). Tracing knowledge diffusion of TOPSIS: A historical perspective from citation network. *Expert Systems with Applications*, 168, 114238. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114238>
- Zahid, K., Akram, M., & Kahraman, C. (2022). A new ELECTRE-based method for group decision-making with complex spherical fuzzy information. *Knowledge-Based Systems*, 243, 108525. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2022.108525>
- Zhao, D., Li, C., Wang, Q., & Yuan, J. (2020). Comprehensive evaluation of national electric power development based on cloud model and entropy method and TOPSIS: A case study in 11 countries. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123190. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123190>

Zhao, K., Jiang, Z., Li, D., & Ge, J. (2022). Outdoor environment assessment tool for existing neighbourhoods based on the multi-criteria decision-making method. *Building and Environment*, 209, 108687. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108687>

Zuhaira, B., & Ahmad, N. (2021). Business process modeling, implementation, analysis, and management: The case of business process management tools. *Business Process Management Journal*, 27(1), 145–183. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2018-0168>