



Uniwersytet Ekonomiczny
we Wrocławiu

Wydział Zarządzania
Katedra Zarządzania Procesami

Kateryna Czerniachowska

**Metody alokacji przestrzeni półkowej
w odniesieniu do zagnieżdżonych kategorii produktów
i wirtualnych segmentów
w zarządzaniu sprzedażą detaliczną**

Rozprawa doktorska – streszczenie

Promotor: dr hab. inż. Marcin Hernes, prof. UEW.

Wrocław, 2022

Alokacja zasobów jest bardzo istotnym problemem w przestrzeni gospodarczej. Jest to jeden z podstawowych problemów w zarządzaniu, ekonomii, inżynierii, badaniach operacyjnych itp. W zarządzaniu i ekonomii zasoby są traktowane, między innymi, jako źródło oszczędności, inwestycji i wydatków, które dają w efekcie całkowity koszt i przychód produkcji dóbr lub usług. W produkcji zasób może być reprezentowany jako element procesu, za pomocą którego wytwarzane są towary lub usługi, tj. materiał, narzędzia, maszyny, siła robocza i pieniądze. W zarządzaniu projektami, gdzie głównym celem jest dostarczanie dzieł niematerialnych lub programów, zasobami są ludzie, oprogramowanie oraz sprzęt. W sieciach telekomunikacyjnych zasób określany jest jako przepustowość kanału współdzielonego między klientami. W medycynie zasoby obejmują materiały medyczne i związane ze zdrowiem, personel i fundusze, które muszą być rozdzielone między różnych pacjentów.

Problemy alokacji zasobów są szeroko omawiane w literaturze i znanych jest wiele metod ich rozwiązywania. Programowanie matematyczne jest jedną z najskuteczniejszych i najszerzej stosowanych technik modelowania i rozwiązywania. Definiuje się je jako zastosowanie modeli matematycznych, w szczególności modeli optymalizujących, w procesie podejmowania decyzji. W programowaniu matematycznym można określić niektóre techniki modelowania, takie jak programowanie liniowe, programowanie nieliniowe, programowanie na liczbach całkowitych i programowanie stochastyczne.

W ostatnich latach alokacja przestrzeni półkowej stała się bardzo istotna w procesie sprzedaży detalicznej (w przedsiębiorstwach handlowych realizujących sprzedaż dla klienta końcowego, który kupuje nieznaczne ilości danego towaru), a także producentów i dystrybutorów. Rozwiązanie problemu alokacji ograniczonej powierzchni na półkach może prowadzić do znacznych oszczędności dla firmy poprzez określenie najwyższego zysku lub najskuteczniejszej strategii biznesowej. Wraz ze zwiększaniem postępu w technologii i systemach informatycznych problemy handlu detalicznego stają się coraz bardziej skomplikowane pod względem rozmiaru problemu i zmieniających się wymagań.

Zarządzanie kategorią produktów detalicznych jest jednym z największych obszarów przemysłu na świecie i zajmuje się szeregiem problemów w krytycznych obszarach, takich jak asortyment produktów i planowanie przestrzeni półkowej. Efektywna alokacja powierzchni na półkach zwiększa satysfakcję klientów, zapewnia lepszą widoczność produktów i przyczynia się do wzrostu sprzedaży, co wpływa na efektywniejsze funkcjonowanie sklepu detalicznego. Alokacja miejsca na półkach to problem decyzyjny, którego celem jest osiągnięcie możliwie najlepszego zysku poprzez alokację produktów przy różnych ograniczeniach operacyjnych. Dla małych detalistów ograniczona przestrzeń na półkach jest najbardziej krytycznym i trudnym do zarządzania zasobem. Alokacja produktów na półkach jest również kluczowym czynnikiem konkurencyjności sklepu. Rosnąca liczba produktów wystawianych w sklepach zwiększyła znaczenie merchandisingu detalicznego.

Merchandising wizualny (VM) to proces, który promuje sprzedaż towarów poprzez wystawianie ich w sklepach detalicznych. Wiąże się to z integracją towarów, działań i środowisk w angażującą i atrakcyjną prezentację w celu ułatwienia sprzedaży produktu lub usługi. VM obejmuje wystawy okienne, znaki, wystawy wewnątrz, reklamy i wszystkie inne ekskluzywne akcje promocyjne, które mają miejsce w sklepach. W rzeczywistości konsumenci, szczególnie w supermarketach, podejmują szybkie decyzje. W hałaśliwym supermarkecie istotny jest wizualny

zasięg produktu. VM to teoria i praktyka eksponowania przedmiotów w taki sposób, aby sprzedawały się one jak w jak największej liczbie. VM to narzędzie generujące przychody, sposób na ulepszanie towarów na rynku oraz sposób na przyciągnięcie i wpłynięcie na decyzję zakupową klienta. Ekspozytory sezonowe są wykorzystywane przez VM do wprowadzania nowości dla klientów, a tym samym do optymalizacji sprzedaży poprzez zaplanowaną i zintegrowaną metodę prezentacji dostępnych zapasów.

Proces planowania kategorii obejmuje kilka poziomów:

1. Planowanie asortymentu oznacza określenie, które produkty mają być wyeksponowane na półkach; obejmuje umieszczanie i usuwanie produktów z listy w odniesieniu do efektów substytucji w oparciu o zachowanie konsumentów.

2. Planowanie miejsca na półce polega na ustaleniu ilości brakującego miejsca na półce dla produktu, obliczeniu liczby fejcingów (jednostki widocznego produktu) i przypisaniu odpowiedniej pozycji produktu na półce z uwzględnieniem liczby fejcingów i umiejscowienia produktu na półce, co może mieć wpływ na sprzedaż produktów.

3. Planowanie uzupełnień w sklepie obejmuje regulacje dotyczące uzupełniania, takie jak logistyka w sklepie, uzupełnianie liczby produktów i cykli w celu prezentacji wymaganej liczby produktów na półkach.

Przedstawione trzy domeny planowania taktycznego łączą się ze sobą w przypadku ograniczonej przestrzeni na półkach i możliwości uzupełniania zapasów. Dokładne dopasowanie asortymentu, półek i planowanie uzupełnień ma ogromne znaczenie dla sprzedawcy. Koordynacja procesów uzupełniania półek i planowanie przestrzeni na półkach ma zatem kluczowe znaczenie, podobnie jak stany magazynowe w sklepie. Mogą wystąpić następujące współzależne problemy:

1. Większy asortyment oznacza mniejszą liczbę sztuk na produkt na półce lub częstsze uzupełnianie.

2. Zwiększanie asortymentu zmniejsza widoczność produktów na półkach i prowadzi do zmniejszenia poziomu zapasów, co zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia braku dostępności dla klienta (ang. *out of stock* - OOS) i wymusza regularne uzupełnianie zapasów.

3. Produkt może stracić zainteresowanie ze strony dotychczasowych konsumentów, jeśli przez dłuższy czas nie znajdzie się w asortymencie.

Detaliści zazwyczaj radzą sobie z problemami zarządzania kategorią w określonej kolejności: najpierw definiują swój asortyment, następnie rozprowadzają go na półkach, a ostatecznie zajmują się uzupełnianiem zapasów w sklepie. Określając wzajemnie powiązane wyzwania dotyczące rozmiaru asortymentu, przydziału miejsca na półkach i uzupełniania półek, detaliści mogą dopasować popyt klientów do podaży na półkach.

Zarządzanie kategorią to proces zarządzania sprzedażą detaliczną, którego celem jest zwiększenie ogólnej efektywności sprzedawcy w kategorii produktów poprzez lepsze praktyki zakupowe, bardziej zorganizowany merchandising i ustalanie odpowiednich cen produktów kategorii. Cała nauka o zarządzaniu kategoriami i jej szybkie przyjęcie w branży detalicznej ma ogromne znaczenie dla detalistów i producentów. Ponadto planowanie długoterminowe umożliwia zrozumienie nowych metod zarządzania kategoriami.

W pracy podjęto badania nad rozszerzonym problemem alokacji przestrzeni półkowej (ang. *shelf space allocation problem - SSAP*) **w zarządzaniu sprzedażą detaliczną**. Rozszerzenie polega na włączeniu zagnieżdżonych kategorii produktów i wirtualnych segmentów, a co za tym idzie nowych ograniczeń SSAP. SSAP obejmuje zarządzanie kategorią produktów, gdzie detalista wybiera asortyment sklepu, czyli zbiór produktów, które są sprzedawane w każdym sklepie. Następnie określa liczbę jednostek (fejsingów) każdego produktu oraz pozycje tych produktów na półkach. Głównym celem detalisty jest osiągnięcie maksymalnego zysku ze sprzedaży lub sprzedaży produktów podlegających różnym ograniczeniom, z których najbardziej znanym jest niewystarczająca ilość miejsca na półce do ekspozycji produktu.

W sklepie detaliści muszą określić, ile sztuk produktu ma być wystawione na półkach, ile czasu zajmie ich sprzedaż i jak uniknąć „braku w magazynie” (OOS). Aby wykonać to zadanie, używają planogramów. Planogram to wizualna reprezentacja produktów w sklepie detalicznym, która określa pozycję produktu i liczbę sztuk produktu w celu maksymalizacji zysku lub sprzedaży. Pomaga sprzedawcy detalicznemu zarządzać ilością miejsca przydzieloną do każdej kategorii produktów i określić ilość miejsca dla każdego produktu w ramach kategorii. Planogram zawiera krytyczne informacje dotyczące elementów operacyjnych. SSAP to problem zarządzania ograniczoną powierzchnią półki w sklepie detalicznym wśród zestawu produktów danej kategorii. Sformułowanie problemu zależy od strategii firmy, segmentu detalicznego, komunikacji z dostawcami, aranżacji sklepu i wielu innych czynników. Generalnie celem SSAP jest uzyskanie maksymalnego zysku lub sprzedaży z dostępnej powierzchni dystrybuowanej na produkty.

W ramach badań realizowanych w niniejszej pracy opracowano modele alokacji miejsca na półkach, mające na celu maksymalizację zysku, przy jednoczesnym odzwierciedleniu zasad wizualnego merchandisingu sprzedawcy. Pomimo tego, że oprogramowanie dla handlu detalicznego jest dostępne i szeroko stosowane w procesie planowania przestrzeni na półkach, istnieje szereg ich ograniczeń, takich, jak: brak w istniejących metodach uwzględnienia kluczowych ograniczeń merchandisingowych i łączenie dużej liczby parametrów, które są trudne do oszacowania i wymagają dużej pracy ręcznej.

Niniejsza dysertacja jest poświęcona problemowi alokacji produktów na półkach. Celem tej alokacji jest m.in. maksymalizacja całkowitego zysku planogramów, co inspirowane było praktyką przy opracowywaniu programów dla dużych sieci supermarketów oraz analizowaniu problemów i wymagań klientów. Bazując na osobistych zainteresowaniach naukowych i doświadczeniu zawodowym, wybrano jako przedmiot badań w niniejszej pracy ważny obszar badania alokacji przestrzeni półkowej w sklepach.

Długość półki regału dla planogramu jest inna w każdym sklepie, tzn. każdy sklep ma inną ilość miejsca, w którym należy umieścić planogram. Z tego powodu proces planowania przestrzeni rozpoczyna się od wygenerowania szablonu planogramu opartego na klastrach; następnie na podstawie podanego szablonu tworzone są planogramy specyficzne dla sklepu.

Dodatkowo podczas przeprowadzania tego badania dostrzeżono problem braku ram koncepcyjnych zintegrowanego Systemu Informatycznego Zarządzania Sprzedażą (ang. *retail information system - RIS*). Dlatego w niniejszej pracy opracowano również ramy pozycjonowania modułów biznesowych handlu detalicznego rzeczywistego łańcucha detalicznego w RIS, co zwiększa jakość modeli RIS, a tym samym może być warunkiem wstępnym modelowania przedsiębiorstw detalicznych, które ma znaczenie w praktyce i teorii.

RIS to narzędzia, sprzęt i oprogramowanie, które pomagają detalistom osiągnąć cele w sektorze detalicznym. Zapewniają wiele funkcji, w tym planowanie, kontrolę budżetów, cele przychodów i wszelkie działania logistyczne. RIS ma na celu poprawę efektywności operacji detalicznych. Aplikacje te zbierają informacje o konfiguracji danych, zasadach merchandisingu, prognozowaniu, zamawianiu, ustalaniu cen, uzupełnianiu, operacjach sklepowych, planowaniu, analizach sezonowych.

Rynek detaliczny wciąż się rozwija i nabiera coraz większej dynamiki. Dlatego większość detalistów wdraża wyspecjalizowane RIS w celu realizacji ukierunkowanych praktyk rynkowych. W najnowszej literaturze dotyczącej handlu detalicznego poświęcono nieco uwagi RIS.

Zarządzanie z wykorzystaniem RIS jest podstawą efektywności funkcjonowania przedsiębiorstwa. Utrzymuje prawidłowe działanie systemu, łączy wszystkie aspekty firmy i umożliwia detalistom dostarczanie towarów i świadczenie usług, które konsekwentnie przewyższają wymagania klientów. Wykorzystując informacje z różnych placówek, RIS oferuje szereg usprawnień, które są łatwo dostępne dla decydentów, pozwalając im poświęcić swój czas na rozważanie strategicznych problemów zamiast zbierania danych z różnych środowisk wielokanałowych.

Nie należy zapominać, że stały wzrost wymagań detalicznych oraz skala stosowania nowych metod w zakresie zarządzania kategoriami stwarzają warunki do korzystnych możliwości doskonalenia RIS. Aby zapewnić kontekst, proponuje się kompleksowe ramy sprzedaży detalicznej dla głównych operacji detalicznych. Zaproponowany RIS integruje osiem kluczowych obszarów działalności przedsiębiorstwa handlowego: zarządzanie asortymentem, alokacja miejsca na półkach, planogramy, aplikacje mobilne, planowanie przestrzenie sklepowej (podłóg), strategie cenowe, promocje oraz operacje sklepowe.

Zatem w dzisiejszych czasach proces zarządzania detalicznego musi być wspierany przez RIS. Popyt na RIS szybko rośnie. Kluczowe jest zrozumienie, że wszystkie te możliwości rozwoju RIS, a w konsekwencji kreatywności, przekraczają nasze możliwości przewidywania i że te możliwości podkreślają znaczenie łączenia praktyki i teorii jako części tworzenia aplikacji w sensie dziedzinowym. Wymagane są nowoczesne RIS, które mogą zapewnić świadome, zintegrowane planowanie biznesowe i przyszłe operacje w sklepie. Nowe technologie, takie jak Internet rzeczy (ang. *Internet of Things* - IoT), sztuczna inteligencja (ang. *artificial intelligence* - AI), uczenie maszynowe, robotyka mogą wydajnie przetwarzać dane w czasie rzeczywistym i wprowadzać nowe modele biznesowe dla detalistów, koncentrując się na ich asortymencie, powierzchni półkowej, zapasach, cenach, operacjach sklepu. Także oprogramowanie do analizy predykcyjnej skoncentrowane na rygorystycznym prognozowaniu i optymalizacji operacji, planowaniu i realizacji potrzeb detalisty może mieć istotne znaczenie. Takie strategie niewątpliwie pomagają detalistom w zaspokajaniu potrzeb konsumentów, podnoszą rentowność, poprawiają niezawodność oraz satysfakcję klientów.

Praca ma charakter głównie metodyczny. **Głównym celem badań jest opracowanie nowych metod rozwiązywania problemu alokacji produktów na półkach z punktu widzenia detalisty, co stanowi rozszerzenie klasycznego SSAP o zagnieżdżone kategorie produktów i wirtualne segmenty na półkach.**

Dlatego w niniejszym badaniu zaproponowano dwa nowe warianty SSAP: pierwszy eksploruje SSAP z zagnieżdżonymi kategoriami produktów na planogramie, drugi dedykowany jest

modelowaniu wirtualnych segmentów na półkach planogramów. Celem każdego problemu jest określenie półek dla pozycji produktu oraz liczby fajsingów, kappingów i nestingów każdego wybranego produktu przy ograniczeniach długości półki z uwzględnieniem różnych dodatkowych kategorii ograniczeń związanych z półkami, rodzajami półek, alokacją na wielu półkach, produktów, orientacją produktów, możliwe alokacje, kategorie i podkategorie cenowe, wirtualne segmenty i relacje między produktami. Wspomniane problemy są trudniejsze od znanego z literatury klasycznego problemu plecakowego; dlatego metod dostępnych dla tego problemu nie można tu zastosować bezpośrednio i należy wdrożyć nową metaheurystykę lub hiperheurystykę. Badania są motywowane rzeczywistymi problemami zarządzania przestrzenią na półkach, które pojawiają się w branży detalicznej.

Cele teorio-poznawcze pracy określono następująco:

- **analiza i ocena procesu zarządzania handlem detalicznym;**
- **analiza i ocena istniejących teorii i metod rozwiązywania problemów alokacji miejsca na półkach;**
- **analiza i ocena rozszerzonych SSAP z zagnieżdżonymi kategoriami produktów (ang. *shelf space allocation problem with nested product categories* - SSAP-N) i wirtualnymi segmentami (ang. *shelf space allocation problem with virtual segments* - SSAP-S) za pomocą podejścia heurystycznego, metaheurystycznego i hiperheurystycznego.**

Cele metodyczne określono następująco:

- **identyfikacja elementów metod SSAP i ich właściwości;**
- **opracowanie modeli matematycznych i metod rozwiązań dla rozszerzonego SSAP z zagnieżdżonymi kategoriami produktów i wirtualnymi segmentami;**
- **opracowanie teoretycznych ram koncepcyjnych systemu informatycznego zarządzania sprzedażą.**

Celem użytkarnym jest weryfikacja opracowanych metod za pomocą eksperymentów badawczych przeprowadzonych w odniesieniu do danych testowych, które zostały wygenerowane na podstawie rzeczywistych charakterystyk danych z punktu widzenia detalistów i klientów.

Stąd zakres badań SSAP obejmuje:

- analizę procesu zarządzania detalicznego;
- matematyczne modelowanie problemów;
- projektowanie i wdrażanie algorytmów heurystycznych, metaheurystycznych i hiperheurystycznych;
- przeprowadzenie eksperymentów badawczych z wykorzystaniem danych generowanych na podstawie rzeczywistych charakterystyk danych;
- analizowanie wyników eksperymentów w celu oceny efektywności wdrożonych metod oraz zdobycia wiedzy o badanych problemach;
- opracowanie ram koncepcyjnych RIS.

Praktyczne implikacje badań są takie, że nowo zaproponowane metody, na których oparte są heurystyki, mogą być zastosowane do podobnych SSAP z niewielką modyfikacją, ponieważ większość problemów związanych z zarządzaniem kategoriami ma podobny charakter. Metody te mogą być stosowane w systemach informatycznych zarządzania sprzedażą w celu wspierania rzeczywistych decyzji SSAP w praktyce.

W ramach niniejszej pracy rozszerzono istniejącą wiedzę poprzez równoczesną analizę różnych orientacji produktów, włączanie do modeli parametrów kappingu i nestingu, kategoryzację produktów w oparciu o ich podkategorie cenowe lub częstotliwość sprzedarzy produktu, alokację produktów na różnych poziomach półkowych i w określonych wirtualnych segmentach na półkach, a także poprzez badanie bardziej skomplikowanych zasad merchandisingu, specyficznych dla danego sklepu.

Główna hipoteza jest następująca:

Opracowane nowe metody alokacji miejsca na półkach w odniesieniu do zagnieżdżonych kategorii produktów i wirtualnych segmentów pozwalają zwiększyć zysk planogramu.

Hipotezy pomocnicze:

- Opracowane metody pozwalają na skrócenie czasu obliczeń w porównaniu z istniejącymi rozwiązaniami komercyjnymi.
- Opracowane metody pozwalają zmniejszyć poziom nieprzydzielonej wolnej przestrzeni na półkach.
- Opracowane metody pozwalają poprawić wydajność planogramu pod kątem efektu zamiany.

Miarami instancji wejściowych dla opracowanych metod są: liczba produktów, liczba półek, długości półek oraz liczba kategorii i podkategorii. Miernikami wydajności opracowanych metod są czas rozwiązywania i sumaryczny zysk.

Na badania dotyczące alokacji miejsca na półkach duży wpływ mają inne publikacje dotyczące zarządzania kategoriami, takie jak asortyment, ceny, uzupełnianie i problemy zapasów. Przeprowadzone przez autorkę badanie SSAP ujawniło pewne **luki w literaturze**. Na podstawie własnej analizy autorka sugeruje następujące problemy jako możliwe cechy badań detalicznych w SSAP:

1. Większość naukowców analizuje podstawowe parametry SSAP w celu maksymalizacji funkcji zysku. Podstawowe ograniczenia dotyczą pojemności półki, wielkości fajsingów produktu, LB i UB liczby fajsingów i liczby półek dla produktu, ograniczeń alokacji dla produktu, zysku związanego z produktem. Jednak w praktyce, zgodnie z zasadami merchandisingu, które różnią się w zależności od sieci supermarketów, przy rozmieszczaniu produktów na półkach bierze się pod uwagę znacznie więcej ograniczeń i parametrów. Na przykład należy wziąć pod uwagę ograniczenia dotyczące elastycznych rozmiarów segmentów wirtualnych, alokacji wielu półek, zagnieżdżonych podkategorii cen alokowanych na różnych poziomach półek, więcej niż jednej orientacji ustawienia produktu, ograniczeń kappingów i nestingów.

2. Pomimo tego, że badacze modelują SSAP jedno-, dwu-, trójwymiarowo, w dotychczasowej literaturze całkowicie pomija się **kapping** produktowy, czyli alokację

produktu na wierzchu tego samego produktu, przy jednoczesnym obracaniu produktu na wierzchu w celu włożenia większej ilości produktów na półkę; i **nesting**, czyli umieszczenie produktu wewnątrz tego samego produktu, jak kosz lub talerz. Ten sposób alokacji pozwala na umieszczenie na półce znacznie większej liczby produktów bez zwiększania zajmowanego miejsca na półce. Daje to dodatkowe jednostki magazynowe (ang. *stock keeping unit* - SKU) na półkach, ale takie modele nie były jeszcze analizowane w literaturze. Jedyne istniejące modele posiadają niektóre fejsingi poziomo, pionowo lub na głębokości półki, przy użyciu tylko jednej wybranej orientacji produktu. Obecnie istnieje obecnie model badający sposoby alokacji produktów, takie jak kapping i nesting.

3. Ze względu na rodzaj i wielkość opakowania, w ramach którego dostarczane są produkty, nie mogą one być przyporządkowane do wszystkich typów opakowań, np. duże ciężkie opakowania produktów muszą znajdować się na palecie; lub słodkie oraz produkty dla małych dzieci muszą znajdować się na niższym poziomie. Zgodnie z najlepszą wiedzą autorki ta koncepcja jest całkowicie pominięta w literaturze.

4. Następną sugestią jest jednoczesne zbadanie więcej niż jednej orientacji produktu. Oczywiście lepiej jest użyć tej samej orientacji dla jednego produktu, jeśli jest on umieszczony na wielu półkach, aby stworzyć lepsze prostokąty widoczne dla klientów, ale czasami, w zależności od opakowania produktu, może on być zwrócony do klienta po drugiej stronie jak również w jego poprzedniej orientacji (rotacja produktu musi odbywać się na wszystkich półkach, na których jest eksponowana). Taka zmiana orientacji może pomóc w tworzeniu bloków upiększających, dotyczących całej kategorii, do której dany produkt jest przypisany, a także w zmniejszeniu zajmowanego miejsca na półce lub ograniczeniu reszty nieprzydzielonego miejsca.

5. Wśród kolejnych ważnych zagadnień, które są powszechnie pomijane w aktualnej literaturze, autor zwraca uwagę na kategoryzację produktów w oparciu o częstotliwość przemieszczania produktu oraz cenę produktu. Niewątpliwie najdroższe i markowe produkty muszą znajdować się na wysokości oczu, a tańsze produkty na półkach poniżej lub wszędzie tam, gdzie istnieje nieprzydzielona przestrzeń. Niektóre badania uwzględniają efekty pozycji poziomej i pionowej, jednak autor proponuje podzielić produkty na podkategorie cenowe i alokować je na różnych poziomach półek pionowych w oparciu o ich potencjał sprzedażowy, tak aby produkty o najniższym potencjale sprzedażowym znajdowały się na najniższej półce ale mogły być również umieszczone na wyższych półkach. Podobnie produkty o największym potencjale sprzedażowym muszą być umieszczone na najwyższej półce (na wysokości oczu) i nie mogą być umieszczane na innych (niższych) półkach.

Niemniej jednak duża liczba istniejących badań dotyczyła alokacji produktów na różnych poziomach półek, inne badania wskazują na znaczenie kierunku przepływu ruchu klientów w sklepach, ale szereg pytań dotyczących tych kwestii pozostaje do rozwiązania. Tymczasem możliwe jest horyzontalnie dzielenie półek na segmenty o elastycznych rozmiarach (można je zmniejszać lub wydłużać na różnych półkach) i przyporządkowanie takich segmentów do różnych poziomów półek na planogramie, tworząc w ten sposób różne sposoby kategoryzacji produktów i sugerując miejsca, w których mogą znajdować się określone produkty. Autorka proponuje zróżnicowanie takich segmentów ze względu na kategorie produktowe tj. produkty lokalne (regionalne) i wygodne (komplementarne). Powstaje zatem pytanie, jak wzbogacić podstawowy

model maksymalizacji zysku SSAP o zasady merchandisingowe, które obejmują promocje produktów własnych sklepów, prezentację produktów regionalnych i alokację produktów na różnych poziomach półkowych, a także segmenty przy alejce odzwierciedlające kierunek ruchu klientów? Sugerowany model SSAP, poprawia również opcje alokacji produktów na półkach sklepowych, takich jak półki na poziomie oczu, niskopoziomowe i paletowe. Dodatkowo rozmieszczenie produktów komplementarnych w pobliżu głównego produktu (np. sos sałatkowy znajduje się w pobliżu sałatek, keczup w pobliżu kiełbasek) pobudza impuls do zakupów klientów.

Poza wskazanymi powyżej problemami literaturowymi, większość opracowań pomija zasady merchandisingu, które różnią się w każdym sklepie i leżą w gestii detalistów lub dostawców z głębszą znajomością każdej kategorii. Zasady merchandisingu to wytyczne, które określają złożone kryteria rozmieszczenia produktów na półkach w oparciu o sposób wyszukiwania produktu na półkach przez klientów oraz analizę koszyka rynkowego. Reguły merchandisingowe to instrukcje opisujące, w jaki sposób produkty powinny być umieszczane na półkach w oparciu o rodziny produktów i mogą zawierać skomplikowane kryteria hierarchiczne obejmujące wiele warstw/poziomów.

Metodologia badań jest następująca.

W pierwszym kroku dokonano identyfikacji i analizy obszaru badawczego. Obszar badawczy SSAP został wybrany ze względu na zainteresowania naukowe i doświadczenie zawodowe autora. Wybór tematu SSAP był główną i najtrudniejszą częścią badania. Tutaj dokonano przeglądu literatury. Temat SSAP nie jest nowy i istnieje rozsądna ilość informacji na ten temat. Na tym etapie zbadano istniejące SSAP, zainicjowano przesłanki dla nowych SSAP i zidentyfikowano luki w literaturze. Istnieje wiele miejsc, w których można znaleźć informacje SSAP. Przeprowadzono również wyszukiwanie słów kluczowych w różnych bibliotekach internetowych. Przebadano szeroki zakres źródeł danych, takich jak artykuły naukowe, książki, czasopisma, strony internetowe i wyszukiwarki. Następnie sformułowano cel, założenia i hipotezy badawcze.

W drugim kroku przeanalizowano proces zarządzania handlem detalicznym. Wizualizacja procesu sprzedaży detalicznej jest integralną częścią zarządzania kategorią i jest ważnym narzędziem do celów badawczych. Systemy informatyczne zarządzania sprzedażą są dziś znaczącym trendem w zarządzaniu detalicznym. Proponowany framework RIS uwzględnia cele detaliczne i określa miejsce SSAP w procesach biznesowych sklepu.

Po przeanalizowaniu zalet i wad istniejących modeli i metod SSAP sformułowano nowe modele SSAP (krok trzeci). W tym miejscu uwzględniono nowe praktyczne ograniczenia i parametry merchandisingu.

W czwartym kroku opracowano nowe metody SSAP dla zagnieżdżonych kategorii produktów i wirtualnych segmentów. Podejścia do rozwiązania SSAP łączą specjalne funkcje dedykowane proponowanym modelom SSAP z zagnieżdżonymi kategoriami produktów i wirtualnymi segmentami o elastycznych rozmiarach. W niektórych metodach, takich jak heurystyka, czas rozwiązania znacznie się skrócił, ponieważ dostarczane, wybierane i porównywane są tylko odpowiednie rozwiązania.

W piątym kroku przeprowadzono eksperymenty. Przygotowanie danych jest ważne dla osiągnięcia celów i zadań badawczych. Dane zostały symulowane w oparciu o wiedzę zawodową i

doświadczenie praktyczne. Ten krok obejmuje również przetwarzanie i analizę uzyskanych wyników.

Ostatni krok to podsumowanie głównych rezultatów pracy. Pokazuje również, że cele zostały osiągnięte. W dalszej części przedstawiono rekomendacje dla przyszłych kierunków badań.

Niniejsza rozprawa podzielona jest na sześć rozdziałów. Pierwszy przedstawia wprowadzenie, w którym wyjaśniono tło, motywację, cele i zakres badań. Pozostałe rozdziały są zorganizowane w następujący sposób.

W rozdziale 2 przedstawiono charakterystykę procesu zarządzania sprzedażą detaliczną i systemów informatycznych handlu detalicznego, ich architekturę oraz znaczenie.

Rozdział 3 podsumowuje istniejące badania z zakresu problemu alokacji produktów na półkach. W tym miejscu podany jest kontekst planowania asortymentu i przestrzeni na półkach, w tym podstawowe modele i funkcje. Ponadto opisano problem plecakowy w modelach alokacji miejsca na półkach. Następnie podsumowano różne podejścia do alokacji miejsca na półkach.

W rozdziale 4 podano zagadnienia optymalizacji z ograniczeniami oraz przesłanki do opracowania nowych metod alokacji powierzchni półkowej. Szczególną uwagę zwraca się na wymagania merchandisingowe, które powodują ograniczenia w alokacji miejsca na półkach.

Rozdział 5 poświęcony jest projektowaniu nowych metod alokacji miejsca na półkach. W tym miejscu przedstawiono modele matematyczne i podejścia do rozwiązań dla obu problemów rozpatrywanych w niniejszych badaniach. Są to: SSAP z zagnieżdżonymi kategoriami produktów (SSAP-N) oraz SSAP z wirtualnymi segmentami (SSAP-S). SSAP-N ma dwa rozszerzenia: SSAP-N1 (który różni się od SSAP-N ograniczeniami dotyczącymi wielu półek) i SSAP-N2 (który różni się od SSAP-N ograniczeniami dotyczącymi półki i kategorii). Ponadto analizowane są opracowane heurystyki, algorytmy genetyczne, symulowane wyżarzanie i ich zastosowanie w problemach zarządzania przestrzenią półkową. W niniejszym rozdziale opisano również wyniki eksperymentów obliczeniowych oraz wpływ opracowanych metod na usprawnienie procesów alokacji powierzchni sklepowej. W dalszej części przedstawiono wyniki porównania różnych metod zarówno dla problemów SSAP-N, jak i SSAP-S.

Ostatni rozdział 6 zawiera wnioski i spojrzenie na dalsze tematy badawcze poświęcone SSAP oraz rozbieżności między modelowaniem naukowym a konkretną praktyką handlu detalicznego.

Problem SSAP-N można sformułować w następujący sposób. Istnieje określona liczba produktów, które są przypisane do kategorii na podstawie ich typów i podkategorii cen na podstawie ich potencjału sprzedaży. Te produkty muszą być umieszczone na półkach planogramu. Generalnie kategorie są pionowe, tzn. półki na wszystkich poziomach na planogramie mogą wyświetlać produkty z określonej kategorii. Podkategoria cenowa jest pozioma, tzn. do zdefiniowanej podkategorii można przypisać półki tylko na jednym poziomie. Każda półka ma przypisaną swoją podkategorię cenową. Dzięki temu wszystkie produkty są również oznaczone podkategorią cenową i przyporządkowane do kategorii.

Produkty o najniższej podkategorii cenowej umieszczane są na najniższej półce, ale można je również umieścić na półkach przeznaczonych dla wyższych podkategorii cenowych. W przeciwnym razie produkty z najwyższej podkategorii cenowej znajdują się na najwyższej półce (na wysokości wzroku) i nie mogą znajdować się na innych półkach, zwłaszcza jeśli są dedykowane

produktom z niższych podkategorii cenowych. Produkty z tej samej kategorii muszą być pogrupowane razem w taki sposób, aby jedna kategoria nie była przerywana przez produkty z drugiej kategorii. Ten model SSAP-N przedstawia praktykę detaliczną, gdy droższe produkty (z wyższych podkategorii cenowych) znajdują się na wyższych półkach (na wysokości oczu), tańsze produkty (z niższych podkategorii cenowych) mogą być również umieszczane na niższych półkach jak na wyższych. Zgodnie z zasadami merchandisingu, produkty z większą ceną nie mogą być umieszczane na niższych poziomach. Celem jest określenie miejsca na półce dla każdego produktu, określając liczbę każdego produktu, maksymalizując w ten sposób zysk detalistów.

Aby rozwiązać ten problem, zadaniem jest znalezienie kombinacji liczby fejdgingów, kappingów i nestingów produktu, który jest alokowany na półce, określając jego orientację frontową lub boczną z uwzględnieniem 5 klas ograniczeń - ograniczenia półki, ograniczenia produktu, ograniczenia orientacji, ograniczenia dotyczące ułożenia tego samego produktu na wielu półkach i ograniczenia kategorii - w celu maksymalizacji zysku detalisty. Zaproponowano osiem heurystyk do rozwiązania problemu maksymalizacji zysku planogramów, a także algorytm genetyczny.

Problem SSAP-S można sformułować w następujący sposób. Na planogramie znajduje się określona liczba produktów, które są umieszczane na półkach. Każda półka jest podzielona na wirtualne segmenty, czyli półka jest wizualnie podzielona na segmenty w celu odpowiedniego przypisania produktów z uwzględnieniem ich typów. Nie ma widocznej fizycznej granicy między segmentami na półce; z tego powodu segmenty nazywane są „wirtualnymi”. Zakłada się, że wszystkie wirtualne segmenty mają identyczną szerokość na półce. Segmenty wirtualne służą do umieszczania niektórych produktów na stałej części półki. Dlatego klienci zwracają uwagę na półki z produktami, które są pogrupowane według rodzaju lub według kategorii, co ułatwia porównywanie sąsiednich produktów.

Zgodnie z poziomami pionowymi, półki podzielone są na paletę (oddzielna najniższa drewniana półka umieszczona na podłodze i powszechnie stosowana do dużych paczek lub ciężkich paczek produktów), półka niskopoziomowa (powszechnie stosowana do tanich produktów lub towarów przeznaczonych dla dzieci) oraz półka na poziomie oczu (na nowe, markowe lub drogie produkty). W zależności od poziomej pozycji półki i kierunku ruchu w sklepie klientów, wyróżnia się kilka typów wirtualnych segmentów: początek alejki, koniec alejki, lokalny, wygodny i centralny segment wirtualny. W tym problemie zakłada się, że na jednym planogramie znajduje się nie więcej niż jeden lokalny i jeden wygodny wirtualny segment. W przeciwnym razie na każdej półce na planogramie mogą istnieć specjalne wirtualne segmenty pierwszej i ostatniej alejki.

W oparciu o kierunek ruchu na każdej półce istnieją dwa wirtualne segmenty przy przejściu, pierwszy i ostatni. Pozostała część półki dedykowana jest centralnym wirtualnym segmentom, które nie znajdują się w pobliżu przejścia. Z praktyki wiadomo, że na końcu półki klienci na ogół spędzają mniej czasu; dlatego detaliści zamierzają lokować swoje zwykłe produkty, których decyzje zakupowe nie wymagają zbytniego zastanowienia. W przeciwieństwie do tego, w środkowej części półki klienci na ogół spędzają więcej czasu na zakupach, ponieważ jest odpowiednie miejsce, aby przejrzeć cały asortyment na półce. W związku z tym nowe marki lub najbardziej sprzyjające produkty znajdują się w centralnej części półki, aby stymulować zakupy pod wpływem impulsu.

Powszechnie produkty lokalne nie są zaliczane do podstawowego asortymentu, ze względu na ich różnorodność w każdym sklepie. Asortyment sklepu podstawowego przygotowywany jest z

wykorzystaniem szablonu planogramu, następnie asortyment lokalny włączany jest do asortymentu sklepu przygotowanego planogramu przez dany sklep detaliczny. Produkty wygodne to nieplanowane zakupy, wykonywane pod wpływem impulsu podczas zakupów. Mogą stanowić dodatek do wybranych produktów podstawowych i zwykle umieszczane w pobliżu głównego produktu (np. dressing i przyprawy są produktami wygodnymi na głównym planogramie świeżych warzyw). Rozmieszczanie produktów na półkach, starając się tworzyć prostokątne kształty w lokalnych i wygodnych wirtualnych segmentach, sprzyja ich lepszej widoczności.

Celem rozwiązania problemu jest zdefiniowanie ilości fajsingów, kappingów i nestingów produktu przyporządkowanych do półki określając jego orientację frontową lub boczną oraz uwzględnienie 5 klas ograniczeń: ograniczenia półki, ograniczenia produktu, ograniczenia orientacji, ograniczenia dotyczące ułożenia tego samego produktu na wielu półkach i ograniczenia wirtualnych segmentów. Ponadto każdy produkt musi być przypisany do odpowiedniego podzbioru (tj. podzbiorów przed, za lub wewnątrz specjalnego wirtualnego segmentu) na półce. Celem jest maksymalizacja całkowitego zysku detalisty. Opracowano metodę, która znajduje optymalne rozwiązanie na regałach paletowych. Algorytmy metaheurystyczne i hiperheurystyczne są zaimplementowane dla innych półek. Algorytm genetyczny obejmuje trzy praktyczne metody poprawy wyników (zwiększenie współczynnika zysku półek, zwiększenie zysku na półce, zmniejszenie wolnej przestrzeni na półkach). Symulowane wyżarzanie obejmuje również metody poprawy wyników oraz metody realokacji produktów.

Niniejsze badanie dotyczy podejścia heurystycznego, metaheurystycznego i hiperheurystycznego w celu maksymalizacji całkowitego zysku planogramu. Detałiści są zainteresowani różnymi podejściami, które mogą znaleźć równowagę między spełnianiem wymagań klientów przy minimalizacji utraconych przychodów i maksymalizacji osiągniętego zysku. Z tego powodu rośnie zainteresowanie praktyków opracowywaniem heurystyk, metaheurystyk i hiperheurystyk dla alokacji powierzchni na półkach sklepowych.

Eksperymenty obliczeniowe opierają się na symulowanych danych detalicznych generowanych w odniesieniu do rzeczywistych warunków detalicznych. Efektywność proponowanych metod oceniono za pomocą solwera CPLEX. Jedną z głównych korzyści proponowanych podejść jest ich zastosowanie w praktyce, ponieważ umożliwiają one uzyskanie wystarczających wyników dla małych i dużych instancji produktów w akceptowalnym czasie wykonywania.

W niniejszych badaniach opracowano 8 heurystyk dla drugiej modyfikacji SSAP-N (SSAP-N2), których podstawowe idee mogą być wdrożone przy rozwiązywaniu podobnych problemów związanych z zarządzaniem kategorią. Heurystyki $H_1 - H_3$ mają zastosowanie do małych instancji; w przeciwnym razie heurystyki $H_4 - H_6$ są wykorzystywane zwłaszcza w przypadku dużych instancji, ponieważ proponują metody przetwarzania dużych ilości danych w krótkim czasie. Heurystyki $H_7 - H_8$ można zastosować do wszystkich danych. Wyjaśnienie wszystkich metod zawiera również przykład doboru parametrów sterowania.

Aby ocenić wydajność proponowanych heurystyk, przeanalizowano 45 przypadków testowych. Wśród nich zaprojektowane heurystyki uzyskały rozwiązania w 34 przypadkach, podczas gdy CPLEX tylko w 23 przypadkach. Średni współczynnik zysku proponowanych heurystyk wynosi 95,35%, przy wartościach minimalnych i maksymalnych odpowiednio 87,78% i

99,84%. Czas poszukiwania maksymalnie dopuszczalnego rozwiązania waha się średnio od 16,79 s do 8,74 min porównując wszystkie heurystyki.

Główną cechą charakteryzującą proponowaną metodę i wyróżniającą ją spośród innych jest brak losowo generowanych lub losowo wybranych elementów, gdyż najpierw uzyskuje się rozwiązanie problemu decyzyjnego, a następnie problem optymalizacji. Innymi słowy, początkowo określa się, czy produkt pasuje do półki; później dopasowywana jest możliwa liczba fejsingów dla każdego produktu. Ponadto dane dotyczące wszystkich przetworzonych etapów można łatwo sprawdzić i przeanalizować; można dostosować parametry sterowania.

W niniejszych badaniach opracowano również algorytm genetyczny (GA) dla 1. modyfikacji SSAP-N (SSAP-N1). Aby ocenić wydajność proponowanych metaheurystyk, przeanalizowano 25 przypadków testowych obejmujących różne zestawy parametrów. Średni wskaźnik zysku proponowanego GA w tych samych i maksymalnych odstępach czasu jako najlepsze rozwiązanie wynosi 78,64%, przy wartościach minimalnych i maksymalnych odpowiednio 59,08% i 94,20%. Wskaźnik zysku w średnim przedziale czasowym nieznacznie różni się i wynosi 78,65%, przy tych samych wartościach minimalnych i maksymalnych 59,08% i 94,20%. Czas poszukiwania maksymalnego możliwego rozwiązania wynosi średnio 3,40 min i waha się od 22 s do 15,61 min.

W pięciu przypadkach na dwadzieścia nie znaleziono przydziałów półek. Takie przypadki testowe modelują błędy menedżerów kategorii, tak że rozwiązania nie może być znalezione na początkowych danych wejściowych. Rzeczywiste sytuacje obejmują następujące scenariusze: zbyt wiele produktów próbuje się umieścić na zbyt krótkich półkach; wysokość półki jest zbyt niska dla takich produktów; zbyt wiele produktów stara się umieścić w lokalizacjach górnych podkategorii cenowych, więc w ten sposób muszą być one wyraźnie przeniesione na górne półki, co powoduje, że dolne półki nie są do końca wypełnione itp.

Opracowano również GA dla SSAP-S. Te same 25 przypadków testowych zostało użytych do oceny wydajności proponowanego GA. W tym samym czasie, co czas wykonania GA ustawiony na CPLEX, średni stosunek zysku GA do CPLEX wyniósł 96,01%, przy czym w konsekwencji jego minimalne i maksymalne wartości to 80,62% i 126,07%. W 7 przypadkach GA znalazło lepsze rozwiązania niż CPLEX.

Opracowano też algorytm hiperheurystyczny symulowanego wyżarzania (SA) do rozwiązania SSAP-S. SA to metodyka obsługi zagadnień optymalizacji kombinatorycznej. Zbadano również wydajność algorytmu SA dla różnych zbiorów danych. 25 przypadków testowych jest takich samych jak w poprzednich testach. W tym samym czasie realizacji SA ustawionym na CPLEX, średni wskaźnik zysku SA do CPLEX wyniósł 99,16% przy wartościach minimalnych i maksymalnych 84,92% i w konsekwencji 123,68%. W 10 przypadkach SA znalazła lepsze rozwiązania niż CPLEX.

Świadczy to o zasadności proponowanych technik doskonalenia rozwiązań. W przypadkach testowych, w których GA i SA uzyskały gorsze wyniki niż CPLEX, osiągnięty zysk był mniejszy niż czas poświęcony na jego uzyskanie. W związku z tym wprowadzono mniej ulepszeń w celu szybszego uzyskania wyniku. Taka decyzja jest cenna dla sklepów detalicznych, dlatego generowanie planogramów na dużych wystąpieniach problemowych ze wskaźnikiem zysku nawet poniżej 80,62% dla GA i nawet poniżej 84,92% dla SA, ale uzyskanych w rozsądnym czasie - średnio 21,80 min dla GA i 30,17 min dla SA - pomaga zdobyć dużo pieniędzy.

Wdrożono również nowe heurystyki GA i SA, ponieważ są to wydajne i efektywne metody rozwiązywania problemów optymalizacyjnych. Różne ich odmiany znajdują szerokie zastosowanie w biznesie, decyzjach zarządczych, a także rozwiązywaniu różnych problemów naukowych i inżynierskich. Pojęcia heurystyk, metaheurystyk i hiperheurystyk są łatwe do zrozumienia i wdrożenia.

Autorka opracowała rozwiązania SSAP z punktu widzenia detalistów, aby lepiej sprostać wyzwaniom zgłaszanym przez detalistów i dopasować rzeczywiste wymagania do odpowiednich modeli decyzyjnych. W rezultacie, na podstawie wyników współpracy z praktykami, nieniejsze badania posiadają dużą wartość aplikacyjną. W ramach badań przeanalizowano możliwości ograniczania i zagnieżdżania alokacji i pozwala na skuteczne rozwiązywanie rozmiarów problemów specyficznych dla handlu detalicznego. Zatem główny cel pracy został osiągnięty.

Wkład badań zrealizowanych w niniejszej pracy w teorię i praktykę problemu zarządzania alokacją produktów na półkach jest następujący :

- Opracowanie metod SSAP do sprzedaży detalicznej (SSAP-N1, SSAP-N2, SSAP-S) z uwzględnieniem wieloograniczonych funkcji SSAP i wizualnego merchandisingu.
- Opracowanie metody alokacji produktów na różnych poziomach wertykalnych w oparciu o ich podkategorię cenową (SSAP-N).
- Opracowanie metody alokacji produktów na różnych segmentach poziomych półek w oparciu o charakter i wykorzystanie produktów oraz ruch klientów wewnątrz sklepu (SSAP-S).
- Uwzględnienie we wszystkich opracowanych metodach i modelach SSAP nie tylko fejsingów, ale także kappigów i nestingów.
- Dostosowanie hiperheurystyki SA do rozwiązywania detalicznego SSAP (SSAP-S).
- Dostosowanie metaheurystyki GA do rozwiązywania detalicznego SSAP (SSAP-N1, SSAP-S).
- Opracowanie szybkiej heurystyki dla detalicznego SSAP (SSAP-N2) z poprzedzającym alokacją produktu do półki pozwala na uzyskanie tylko odpowiednich rozwiązań, które spełniają wszystkie ograniczenia.
- Wdrożenie usprawniania rozwiązania (w SSAP-N1, SSAP-S), realokacji produktu (w SSAP-S), mutacji (w SSAP-N1, SSAP-S) pozwalają na uzyskanie bardziej opłacalnego rozwiązania w niewielkiej liczbie iteracji.

Wybór metody rozwiązania w dużej mierze zależy od charakteru problemu. W porównaniu z GA, SA jest techniką opartą na pojedynczym rozwiązaniu, podczas gdy GA jest techniką opartą na populacji. Następnie SA ma tylko funkcję eksploatacji przestrzeni wyszukiwania, ale GA ma zarówno funkcje eksploracji, jak i eksploatacji. GA generuje wiele rozwiązań, które zależą od wielkości populacji. To znacznie wydłuża czas przetwarzania.

GA działa na dużej i szerokiej przestrzeni wyszukiwania rozwiązań. Oznacza to, że GA może przetwarzać różne reprezentacje rozwiązań i konstruować rozwiązanie oparte na populacji osób, a nie od jednej osoby. W GA rozwiązanie poprawia się (lub nie pogarsza) przy każdej kolejnej iteracji. W przeciwieństwie do tego SA akceptuje lepsze i gorsze rozwiązania, które pozwalają na szersze poszukiwanie optymalnego rozwiązania globalnego.

Ponadto, w każdej operacji struktury GA, takiej jak selekcja, crossover, mutacja, wymagana jest wielokrotna kontrola ograniczeń w złożonych SSAP i pośrednia korekcja wyników. Wydłuża to również czas obliczeń w ulepszonych modelach SSAP w handlu detalicznym. Opracowane procedury ulepszania, realokacji i mutacji rozwiązania pozwalają uzyskać rozwiązanie o lepszej jakości wystarczająco szybko (w mniejszej liczbie iteracji).

Uzyskane wyniki dla SSAP-N dowodzą, że kategorie pionowe i poziome podkategorie cenowe oraz parametry produktów mają istotny wpływ na zysk osiągnięty przez detalistę. Wyniki dla SSAP-S potwierdzają również, że poziomy podział półki na wirtualne segmenty i przyporządkowanie produktów na różnych poziomach oraz parametry produktów mają istotny wpływ na całkowity zysk. Eksperymenty pokazują również, że opracowane metody pozwalają uzyskać satysfakcjonujące rozwiązanie w akceptowalnym czasie przetwarzania zarówno dla małych, jak i dużych instancji. Zaproponowane w niniejszym badaniu podejścia można wdrożyć w RIS. W tym badaniu opracowano również ramy koncepcyjne RIS, które obejmują główne moduły biznesowe stosowane w handlu detalicznym. Umożliwia to zwiększenie wydajności modeli RIS i określenie wstępnych warunków niezbędne do modelowania procesów sektora detalicznego, które mają zastosowanie w praktyce i teorii. Narzędzia RIS mogą być również wykorzystane do integracji danych w celu rejestrowania raportów wydatków i zapewnienia, że firma detaliczna ma kompleksową wiedzę na temat wszystkich kosztów operacyjnych i ich dokładności.

Kluczowe korzyści płynące z wykorzystania ram koncepcyjnych RIS można podsumować w następujący sposób:

- Wykorzystanie otwartych przestrzeni na półkach w sklepach w celu maksymalizacji wydajności.
- Zapewnienie dystrybucji właściwych artykułów na właściwe pozycje we właściwych sklepach.
- Zwiększenie lojalności klientów dzięki dostępności asortymentów i prezentacji planogramów.
- Redukcja kosztów oraz maksymalizacja przychodów.
- Poprawa efektywności pracowników i ułatwienie tworzenia dla nich harmonogramu pracy.
- Kompatybilność z innymi systemami, np. systemami prognozowania, inwentaryzacji i uzupełniania zapasów), które umożliwiają łączność z łańcuchem dostaw.

Wyniki badań przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy mogą być wykorzystane zarówno przez środowiska naukowe, jak i praktyków handlu detalicznego. Ponadto proponowane metody mogą być wdrażane w systemach informatycznych zarządzania sprzedażą. W ramach rezultatów badań udowodniono skuteczność i wydajność opracowanych metod poprzez porównanie wyników z rozwiązaniem CPLEX dla małych zestawów danych i wydajności metody dla dużych zestawów danych. Oczekuje się, że opracowane podejścia umożliwią usprawnienie procesu podejmowania decyzji przez osoby zarządzające przedsiębiorstwami handlu detalicznego podejmowane przede wszystkim w celu optymalizacji przychodów.

Należy wyraźnie podkreślić, że klient jest kluczowym podmiotem sprzedaży detalicznej. W dzisiejszym szczególnie konkurencyjnym środowisku handlu detalicznego detaliści mogą skorzystać z informatycznych rozwiązań analitycznych w zarządzaniu kategoriami produktów, co

może pomóc w zwiększeniu ich rentowności. W ramach niniejszej pracy zastosowano w tym celu podejścia heurystyczne, metaheurystyczne i hiperheurystyczne w celu wspomagania zarządzania w handlu detalicznym.

Działalność detaliczna wiąże się z permanentnym procesem decyzyjnym. Opracowane w ramach niniejszej pracy metody pozwalają sprzedawcom na podejmowanie racjonalnych decyzji w celu maksymalizacji przychodów. SSAP określa najlepszą kombinację asortymentu alokowanego na półkach sklepowych. Ponieważ zasoby na półkach są ograniczone, konieczne jest dokonywanie wyborów dotyczących właściwego produktu na odpowiedniej półce z odpowiednim przydziałem miejsca. Opracowane podejścia przynoszą korzyści detalistom poszukującym profesjonalnych wskazówek dotyczących sposobów, które można zastosować do rozwiązania problemu SSAP, umożliwiając im optymalizację zysków, zmniejszenie utraconych dochodów i zachowanie równowagi między zagwarantowaniem satysfakcji klienta a elastycznym radzeniem sobie z różnymi kanałami wejściowymi. Z punktu widzenia sprzedawcy nie można tego ignorować.

Wraz z rozwojem i dywersyfikacją sektora detalicznego wybory detalistów stają się coraz bardziej krytyczne i trudniejsze. Wybór produktu, przydział miejsca na półkach i decyzje o uzupełnieniu zapasów mają wpływ na zysk, dlatego detaliści potrzebują narzędzia, między innymi opracowane w ramach niniejszej pracy, które pomogą im w podejmowaniu tych decyzji w celu maksymalizacji zysków. Nie ma wątpliwości, że jeśli produkty są umieszczone na odpowiednich półkach, a ich liczba fejsingów jest wystarczająca, taka strategia na pewno zwiększy sprzedaż produktu i usprawni biznes detalisty. W przeciwnym razie może to być marnowanie zasobów półkowych dla detalistów.

W ramach niniejszej pracy dokonano i usystematyzowano wiedzę z zakresu zarządzania sprzedażą detaliczną, w tym tematy związane z SSAP. Dokonano przeglądu literatury dotyczącej planowania przestrzeni na półkach sklepowych oraz najistotniejszych tematów. Dzięki temu osiągnięto cele teorio-poznawcze.

Aby osiągnąć cel użyteczny, dokonano weryfikacji opracowanych metod za pomocą eksperymentów badawczych przeprowadzonych dla danych testowych wygenerowanych na podstawie rzeczywistych charakterystyk danych.

Ze względu na charakter badanego problemu SSAP-S oraz fakt, że zazwyczaj w sklepie na podłodze znajduje się tylko jedna półka paletowa, można ją oceniać oddzielnie od pozostałych półek. Pomimo znacznie większej liczby ograniczeń niż w klasycznym problemie plecakowym, w niniejszych badaniach opracowano podejście programowania dynamicznego dla półki paletowej, które pozwala na znalezienie optymalnego rozwiązania na tej najniższej półce. Dla innych ogólnych półek w SSAP-S proponuje się metaheurystykę GA i hiperheurystykę SA. GA jest również zaimplementowana dla SSAP-N1. Różne techniki mutacji są proponowane w GA dla SSAP-S i SSAP-N1. Zarówno GA, jak i SA zawierają techniki doskonalenia rozwiązań. Ponadto w SA zaproponowano i wdrożono metodę realokacji produktów. Oddzielne procedury GA i SA mogą być również stosowane jako komponent do rozwiązywania podobnych praktycznych SSAP. Dogłębna wiedza na temat modelowanych SSAP i wyjaśnionych metod dostarczonych w ramach podejść do rozwiązania może pomóc sprzedawcy w usprawnieniu optymalizacji biznesowej, a tym samym w zwiększeniu zysków. Te wyniki badań potwierdzają główną hipotezę. Dla SSAP-N2 zaproponowano nowe heurystyki, których główną cechą jest brak losowo generowanych lub losowo wybranych elementów. Co ciekawe, dane na wszystkich etapach realizacji heurystyki są widoczne

dla detalisty, można je łatwo analizować, sprawdzać czy liczbę pośrednich części rozwiązania można regulować za pomocą parametrów sterujących współczynnikiem. Kolejnym odkryciem jest to, że natura heurystyki umożliwia szybkie sprawdzanie ograniczeń i odrzucanie alokacji, która byłaby niekompatybilna ze zdefiniowanymi ograniczeniami przed rozpoczęciem wykonywania heurystyk. To znacznie skraca czas obliczeń. Dlatego tak ważne są heurystyczne metody rozwiązywania problemu decyzji produktu do półki z wyprzedzeniem. Potwierdza to pierwszą hipotezę pomocniczą.

Kiedy cena marki wzrasta, pojawia się efekt substytucji, co skutkuje spadkiem sprzedaży, ponieważ konsumenci wybierają tańsze alternatywy. Udział produktu w rynku może zostać utracony z różnych przyczyn, ale efekt substytucji jest jednym z głównych czynników. Niektórzy klienci wybierają tańszą opcję, jeśli firma podniosła ceny. W opracowanych metodach SSAP uwzględniane są ograniczenia klastrowe, co oznacza, że produkty objęte efektem substytucji są pogrupowane w klastery i umieszczone na tej samej półce. Czynniki te potwierdza drugą hipotezę pomocniczą związaną z substytucją produktu. Efekt substytucji jest najistotniejszy dla produktów umieszczonych blisko ich substytutów.

Ponieważ opracowane rozwiązanie SSAP przypisuje najbardziej odpowiednią liczbę pozycji produktowych do półek, pozwala to na zmniejszenie nieprzydzielonej wolnej przestrzeni na półce ze względu na zjawiska OOS. Potwierdza to trzecią hipotezę pomocniczą. W konsekwencji nieprzydzielona przestrzeń na półkach oznacza również dodatkowe koszty dla sprzedawcy, dlatego lepiej jest ją maksymalnie ograniczyć.

Opracowane metody mogą zostać wdrożone w nowoczesnych systemach informatycznych zarządzania sprzedażą.

Przeprowadzone w niniejszej pracy badania rozszerzonego problemu alokacji produktów na półkach mogą skłaniać do dalszych badań nad zastosowaniem RIS i metod optymalizacji przestrzeni na półkach w rzeczywistej sieci detalicznej. Istnieje wiele sposobów na praktyczne zastosowanie tych technik w modułach RIS. Jednak w rzeczywistych sytuacjach, ponieważ oddzielne moduły RIS zazwyczaj należą do wielu hierarchii organizacyjnych lub firm zewnętrznych, w praktyce mogą wystąpić bariery w integracji i kontroli ich funkcji. Konieczna jest również głębsza znajomość pewnych zasadniczych zagadnień: IoT, rzeczywistości wirtualnej, rzeczywistości rozszerzonej, agentów kognitywnych i sztucznej inteligencji. Opracowane metody SSAP-N i SSAP-S posiadają również pewne ograniczenia, takie, jak:

- Badanie planogramu pojedynczej kategorii produktów.
- Proponowane modele nie mają zmiennych zależnych od czasu.
- Nie bada się produktów łatwo psujących się, takich jak w codziennych dostawach.
- Proponowane modele nie uwzględniają nieliniowej funkcji zysku (np. space elasticity and cross-space elasticity effects).
- Brak danych o produktach sprzedawanych w opakowaniach zbiorczych.

Dodatkowe ograniczenia proponowanych podejść dla SSAP-N to:

- Badany jest tylko jeden kierunek klienta w odniesieniu do podkategorii ceny produktu.
- Brak możliwości zdefiniowania pozycjonowania produktu dla każdego produktu w obrębie kategorii i podkategorii.

Dodatkowe ograniczenia proponowanych podejść dla SSAP-S to:

- Brak możliwości zdefiniowania pozycjonowania produktów dla wszystkich produktów, a nie tylko dla konkretnych.

Ograniczenia modeli SSAP-S i SSAP-N opracowanych w tej pracy sugerują kilka kierunków przyszłych badań. Pierwszym z nich jest maksymalizacja zysku grup produktów (nie tylko produktów klastrowych), a nie pojedynczych produktów. Przyszłe badania mogą obejmować wybór łańcucha dostaw, a także harmonogram i koszty dostawy produktów z magazynów do detalistów. Można również opracować algorytm, odnoszący się do praktycznej wykonalności alokacji produktów bez podawania dokładnego numeru wiersza lub kolumny. W rezultacie różne podejścia do sortowania lub grupowania (np. według ceny, marki, kategorii itp.) mogą być stosowane jako rozszerzenie podejścia w poniższym badaniu, z ograniczeniem lokalizacji produktu na półce lub sąsiednich produktów. Sugestią do dalszej analizy jest również określenie dokładnych współrzędnych liniowych dla każdego produktu. Następnie można wziąć pod uwagę różne ograniczenia układu sklepu. Ponadto interesujące byłoby rozszerzenie proponowanych modeli SSAP w celu maksymalizacji ruchu klientów. Ponadto model powinien uwzględniać kierunek klienta zgodny lub przeciwny do ruchu wskazówek zegara. Ponieważ modele SSAP nie przewidują nieliniowej funkcji zysku, można dodać i zbadać parametry elastyczności przestrzeni półkowej (space elasticity oraz cross-space elasticity). Rodzaje opakowań produktów i sprzedaż opakowań zbiorczych są również zalecane do przyszłych badań. Wszystkie te kwestie mogą zostać uwzględnione w przyszłych badaniach.

Innym kierunkiem badań może być rozwiązanie SSAP z różnymi metaheurystykami, takimi jak wyszukiwanie tabu, optymalizacja roju cząstek, optymalizacja kolonii mrówek lub optymalizacja oparta na sieciach neuronowych. Wyniki heurystyk GA i SA zaproponowanych w tym badaniu można porównać, aby lepiej zrozumieć skuteczność nowych podejść.

Co więcej, może być interesujące połączenie uczenia maszynowego i technik optymalizacji w celu rozwiązania detalicznych SSAP. Oznacza to, że ostatnio znacznie większy nacisk kładzie się na wykorzystanie sztucznej inteligencji, w tym uczenia maszynowego, które mogą być kolejnym krokiem w opracowywaniu skutecznych metod alokacji produktów na półkach.

Przyszłe badania w ramach RIS mogą być związane z połączeniem wiedzy specjalistycznej dotyczącej handlu detalicznego w celu utrzymania towarów wrażliwych na datę i temperaturę, aby zminimalizować psucie się i zmaksymalizować liczbę świeżych produktów, których żądają konsumenci, oraz z zapewnieniem platformy łączności z innymi sprzedawcami detalicznymi w celu przyspieszenia podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym poprzez dostęp do skonsolidowanych wyników we wszystkich sklepach sieci detalicznej.

Badania przeprowadzone w niniejszej pracy mogą stymulować podobne badania i zachęcać do stosowania technik optymalizacyjnych w innych dziedzinach zarządzania handlem. Metody opracowane w tej pracy mogą być zaimplementowane w systemie informatycznym zarządzania sprzedażą, w module alokacji miejsca na półkach.