

POLITECHNIKA WROCLAWSKA
WYDZIAŁ INFORMATYKI I ZARZĄDZANIA

**SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI
W GOSPODARCE MAGAZYNOWEJ
W SFERZE DYSTRYBUCJI**

Grzegorz Chodak

Rozprawa doktorska pod kierunkiem
Prof. Witolda Kwaśnickiego

Wrocław 2001

SPIS TREŚCI

WSTĘP	1
1. PROGRAMY GOSPODARKI MAGAZYNOWEJ	4
1.1. Ogólna charakterystyka	4
1.1.1. Wstęp - Zdefiniowanie programu magazynowego	4
1.1.2. Podstawy prawne	6
1.2. Budowa	7
1.2.1. Modułowy schemat struktury	7
1.2.2. Struktura baz danych	10
1.2.3. Narzędzia do implementacji	18
1.3. Klasyfikacja	18
1.4. Zarys metodologii porównania programów gospodarki magazynowej	20
1.4.1. Porównanie najbardziej popularnych programów magazynowych dla małych i średnich przedsiębiorstw	21
1.4.2. Podsumowanie porównania	34
1.5. Ważniejsze aspekty dotyczące wdrażania programów gospodarki magazynowej	35
1.5.1. Korzyści wynikające z wdrożenia	35
1.5.2. Koszty wdrożenia	36
1.5.3. Serwis informatyczny	40
1.5.4. Przykład wdrożenia programu gospodarki magazynowej	41
1.6. Perspektywy rozwoju	43
2. SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI	47
2.1. Podejmowanie decyzji	47
2.1.1. Podstawowe pojęcia stosowane przy podejmowaniu decyzji	47
2.1.2. Klasyfikacja decyzji i problemów decyzyjnych	53
2.1.3. Analiza wielokryterialna	54
2.2. Ogólna charakterystyka systemów wspomaganie decyzji (DSS)	57
2.2.1. Definicje	57
2.2.2. Zarys historii	59
2.2.3. Klasyfikacja	61
2.2.4. Wybrane cechy	66

2.2.5. Architektura	67
2.2.6. Przykłady zastosowań	73
3. KOMPUTEROWY SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI W GOSPODARCE MAGAZYNOWEJ	75
3.1. Ogólna charakterystyka	75
3.2. Wskaźniki ekonomiczne gospodarki magazynowej	78
3.2.1. Wskaźniki liczone przez SWD-GM	79
3.2.2. Analiza ABC towarów	86
3.2.3. Przykłady łączenia wskaźników w analizie wielokryterialnej	96
3.3. Wykorzystanie AG przy prognozowaniu popytu	106
3.3.1. Prognozowanie	106
3.3.2. Ogólna charakterystyka algorytmów genetycznych oraz ich implementacji	116
3.3.3. Zastosowanie algorytmów genetycznych w prognozowaniu okresowego popytu	123
3.4. Symulacja obrotów magazynowych w systemie wspomaganie decyzji	144
3.4.1. Klasyczne modele sterowania zapasami	144
3.4.2. Symulacja obrotów magazynowych	149
3.4.3. Analiza what-if	158
3.4.4. Zastosowanie modelu AG+symulator do wspomaganie zarządzania zapasami	161
3.4.5. Opis eksperymentów	164
4. WAŻNIEJSZE ASPEKTY REALIZACJI TECHNICZNEJ SWD-GM	174
4.1. Wybór języka programowania	174
4.2. Komunikacja z bazą danych.	175
4.2.1. Możliwości dostępu do zewnętrznych baz danych	176
4.2.2. Zapytania w języku SQL	176
4.3 Implementacja AG	177
4.4. Interfejs użytkownika	178
PODSUMOWANIE	183
LITERATURA	187
ZAŁĄCZNIK A - Programy magazynowe dostępne na rynku polskim	193
ZAŁĄCZNIK B - Adresy internetowe dotyczące systemów wspomaganie decyzji	195
ZAŁĄCZNIK C - Techniczna realizacja SWD-GM	197

Wstęp

Oprogramowanie magazynowe stanowi nieodłączny element każdego przedsiębiorstwa produkcyjnego i handlowego. W ostatnich latach automatyzacja przepływu dokumentów magazynowych jest jedną z dynamicznie rozwijających się gałęzi informatyki w Polsce. Obecnie w naszym kraju działa ponad dwa miliony małych i średnich przedsiębiorstw, tak więc potencjalny rynek dla programów magazynowych jest ogromny. Liczba wdrożeń programów magazynowych, każdego z kilku największych polskich producentów sięga 30 tysięcy. Czasy, gdy inwentaryzację przeprowadzało się tylko na papierze, minęły bezpowrotnie. Każde nadążające za „duchem czasu” przedsiębiorstwo jest skomputeryzowane, a obsługa komputera stała się normą.

Z programami magazynowymi (zwanymi często programami gospodarki magazynowej) spotykamy się na każdym kroku – w aptece, salonie samochodowym czy dowolnym podmiocie handlowo-produkcyjnym. Należy jednak zaznaczyć, że większość operacji przeprowadzanych przy pomocy komputerów służy jedynie ewidencjonowaniu zdarzeń gospodarczych. Każda sprzedaż, zakup czy zapłata to nowe rekordy w bazie danych. Można stwierdzić, że w dziedzinie dotyczącej zbierania danych przez programy gospodarki magazynowej niewiele można ulepszyć. Jednak ogromne ilości danych nie przetworzonych na użyteczną dla analityka informację stanowią jedynie miliardy bajtów zapelniających twarde dyski. Pozostawienie tych nie przetworzonych danych i nie wykorzystanie informacji jaka jest w nich zgromadzona sprawia, że konkurencyjność przedsiębiorstwa maleje. Parafrazując powiedzenie o historii narodu można stwierdzić, że przedsiębiorstwo, które nie wyciąga wniosków ze swojej historii, a czymże innym są zgromadzone dane o obrotach magazynowych, skazane jest na wypadnięcie z rynku.

Narzędzia analityczne udostępniane przez programy gospodarki magazynowej są wciąż niewystarczające i polegają w większości przypadków na prostym podsumowywaniu sprzedaży, zakupów i zaległości płatniczych kontrahentów. Wydaje się więc, że określenie metod analizy i interpretacji bazy danych dokumentów magazynowych i zbudowanie systemu wspomagania decyzji będącego niezależnym oprogramowaniem analitycznym wykorzystującym te bazy jako źródło informacji, może być niezwykle przydatne zarówno dla analityków zajmujących się gospodarką magazynową jak i programistów oraz projektantów tworzących oprogramowanie magazynowe.

Głównym celem niniejszej pracy jest opracowanie nowych metod oceny i analizy baz danych dokumentów magazynowych z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej, technik sztucznej inteligencji oraz symulacji i wykorzystanie ich w zaimplementowanym komputerowym systemie wspomagania decyzji w gospodarce magazynowej (SWD-GM).

Pomocne w realizacji celu było usystematyzowanie wiedzy na temat programów gospodarki magazynowej przez opisanie ich charakterystyki, budowy oraz metodologii porównywania. Analiza programów gospodarki magazynowej została zawężona do programów przeznaczonych dla małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP), gdyż to właśnie MŚP najprawdopodobniej stanowią siłę napędową polskiej gospodarki w najbliższych dekadach. Najnowsze rozwiązania informatyczne w sferze zarządzania zapasami i dystrybucji, przeznaczone dla dużych przedsiębiorstw, opierają się na architekturze hurtowni danych. Metodologia budowy tego typu programów GM istotnie różni się od stosowanych w MŚP, klasycznych programów GM. Dlatego też analiza rozwiązań opartych na architekturze hurtowni danych wymagałaby innej metodologii porównania. Wdrożenie tego typu oprogramowania wymaga nakładów finansowych znacznie przekraczających możliwości finansowe MŚP, dlatego też w pracy pominięto ich analizę.

Dużą zaletą baz danych programów gospodarki magazynowej jest ich niezależność od konkretnej implementacji. Dzięki ustawie unifikującej dokumenty obrotu magazynowego można je traktować jako jednolite źródło informacji. Należy tylko w sposób czytelny zamienić zmagazynowane dane dotyczące obrotów magazynowych na informację użyteczną dla analityka i zarządu firmy.

Praca składa się z czterech części. Pierwszy rozdział pracy zawiera szczegółową analizę programów gospodarki magazynowej (GM). Zawarto w nim opis budowy tych systemów, ze szczególnym uwzględnieniem charakterystyki baz danych, a także klasyfikację programów GM. Rozdział ten zawiera również propozycję metodologii porównywania tego typu programów oraz ważniejsze aspekty związane z ich wdrażaniem w przedsiębiorstwie.

W drugim rozdziale przedstawiono ogólne ramy wiedzy na temat analizy decyzyjnej, a także zawarto klasyfikację problemów decyzyjnych. W drugiej części tego rozdziału przedstawiono zarys stanu wiedzy na temat systemów wspomagania decyzji (DSS), uwzględniając ich cechy charakterystyczne oraz klasyfikację i architekturę.

W trzeciej części pracy zawarto opis proponowanego systemu wspomagania decyzji w gospodarce magazynowej (SWD-GM) oraz zawartych w nim metod analizy danych.

Opracowany system składa się z trzech powiązanych ze sobą modułów. Pierwszy z nich odpowiedzialny jest za wybranie towarów najistotniejszych pod względem celu jaki decydent chce osiągnąć. Wykorzystano tu możliwość komunikacji z bazą danych z poziomu arkusza kalkulacyjnego, dzięki czemu uzyskano możliwość elastycznej obróbki danych. Zaproponowano również efektywne metody liczenia wskaźników obrotów magazynowych dzięki wykorzystaniu bibliotek funkcji i procedur DAO oraz zaawansowanych zapytań w języku SQL. Istotną nowością są zestawienia wielokryterialne, agregujące kilka zestawień w jedną wartość oraz związana z wielokryterialnością normalizacja danych. Wyniki wielokryterialnych zestawień stanowią pierwszy element wspomagający podejmowanie decyzji przez menedżera. Kolejnym modułem opracowanego SWD-GM jest zbiór procedur analizy sprzedaży wybranego towaru z wykorzystaniem algorytmu genetycznego w celu określenia parametrów funkcji popytu. Użycie algorytmów genetycznych pozwala na identyfikację parametrów praktycznie dowolnie złożonych funkcji popytu, np. uwzględniających równocześnie: podwójną okresowość, trend liniowy oraz zależność sprzedaży od ceny. Zaprezentowano również wyniki eksperymentów polegających na identyfikacji parametrów funkcji popytu, przeprowadzonych na danych rzeczywistych pochodzących z trzech wrocławskich przedsiębiorstw. Ostatni z modułów zawiera symulator realizujący obroty magazynowe. Wykorzystano w nim zmodyfikowane metody zarządzania zapasami, przystosowane do proponowanego systemu informatycznego. W rozdziale tym przedstawiono także wyniki eksperymentów polegających na sprzężeniu symulatora z algorytmem genetycznym w celu znalezienia suboptymalnych wartości zmiennych decyzyjnych.

Czwarta część pracy jest opisem ważniejszych aspektów technicznej realizacji SWD-GM. Opisano w niej ważniejsze cechy języka programowania, w którym zaimplementowano SWD-GM oraz zastosowane w systemie metody komunikacji z bazą danych, ze szczególnym uwzględnieniem budowy używanych w systemie zapytań w języku SQL, omówiono implementację AG. Szerzej przedstawiono również wybrane elementy interfejsu użytkownika. Uzupełnieniem rozdziału czwartego jest Załącznik C zawierający przykłady kodu programu wraz z komentarzami.

Na końcu pracy przedstawiono wnioski wynikające z przeprowadzonych badań.

1. Programy gospodarki magazynowej

Zagadnienia związane z programami gospodarki magazynowej (GM) można umiejscowić na pograniczu wiedzy ekonomicznej i informatycznej, co przyczynia się do tego, że stanowią ciekawy obiekt badawczy. W rozdziale pierwszym przedstawiono próbę usystematyzowania wiedzy na ich temat. Ogólna charakterystyka przedstawiona w pierwszej części rozdziału przybliży podstawowe pojęcia związane z programami GM. Następnie omówiono ich budowę ze szczególnym uwzględnieniem struktur baz danych a także podjęto próbę klasyfikacji programów GM. W dalszej części przedstawiono metodologię porównywania tych programów oraz ważniejsze aspekty związane z ich wdrażaniem. W ostatniej części rozdziału przedstawiono perspektywy rozwoju programów GM.

1.1. Ogólna charakterystyka

1.1.1. Wstęp - Zdefiniowanie programu magazynowego

W czasie ostatnich kilkunastu lat komputeryzacja wkroczyła do przedsiębiorstw wielkimi krokami i dzisiaj trudno sobie wyobrazić efektywnie działające przedsiębiorstwo bez odpowiedniej bazy informatycznej. Księgowość, kadry, jak również prowadzenie gospodarki magazynowej są najczęściej wspomagane komputerowo.

Podstawowym zadaniem gospodarki magazynowej jest kierowanie wielkością zapasów, co wiąże się z prowadzeniem regularnej kontroli poziomu zapasów. Magazynowanie dóbr fizycznych służy wyrównywaniu struktur czasowych i ilościowych w przepływach materiałowych i może być ograniczone do niezbędnego poziomu tylko przez stałą i kompleksową synchronizację tzw. wejścia i wyjścia w systemie logistyki magazynu (Abt, 1998). Zapasy można rozpatrywać w dwóch aspektach tj. z punktu widzenia procesów zaopatrzeniowych przedsiębiorstw (produkcyjnych i dystrybucyjnych) i z punktu widzenia zbytu wyrobów gotowych (wyprodukowanych lub zakupionych na różnym szczeblu obrotu towarowego). Tak rozumiana gospodarka zapasami musi nawiązywać do popytu i różnych jego postaci, do cyklu życia produktów i wreszcie do obsługi klientów, co jest najbardziej znaczącym czynnikiem we współczesnej gospodarce. Do głównych powodów utrzymywania zapasów można zaliczyć (Abt, 1998): poprawę obsługi klienta, wspieranie ekonomiki produkcji, umożliwienie osiągnięcia korzyści skali w sferze zaopatrzenia i transportu, ochronę

przed zmianami cen, niespodziewanymi zmianami popytu i czasu realizacji zamówienia oraz zabezpieczenie przed następstwami klęsk żywiołowych i innych niebezpieczeństw.

Krajowy rynek obfituje w różnorodne rozwiązania dotyczące gospodarki magazynowej. Tego typu systemy komputerowe znane są pod nazwami programów magazynowych lub programów gospodarki magazynowej (GM).

Program gospodarki magazynowej to program komputerowy, wspomagający zarządzanie gospodarką magazynową przez ewidencję dokumentów magazynowych.

Program magazynowy (gospodarki magazynowej) rejestruje stany magazynowe (liczbę poszczególnych towarów w magazynie) uwzględniając dostawy i wydania towarów. Powyższa definicja określa podstawowe zadanie programu magazynowego. Oprócz powyższego programy magazynowe dają możliwość generowania dokumentów magazynowych dokumentujących zmiany stanu magazynu, do których zalicza się:

- ◆ faktury, rachunki uproszczone, paragony, faktury i rachunki korygujące;
- ◆ przesunięcia międzymagazynowe (MM);
- ◆ dokumenty wydania (WZ) i przyjęcia do magazynu (PZ).

Oprócz ewidencji stanów magazynowych i generowania dokumentów magazynowych oprogramowanie magazynowe może pełnić następujące funkcje:

- generowanie zestawień tabelarycznych opartych na informacji zawartej w bazie danych (np. zestawienie sprzedaży za dany okres, zestawienie zakupów u danego odbiorcy itp.) . Liczba i przydatność tych zestawień jest jednym z kryteriów jakie wpływają na całościową ocenę programu magazynowego.
- ewidencja płatności związanych z dokumentami magazynowymi;
- współpraca z zewnętrznymi urządzeniami, np.: drukarki fiskalne, czytniki kodów paskowych, kolektory danych, czytniki kart płatniczych;
- eksport danych do programów księgowych;
- ewidencja produkcji, oparta na budowaniu kompletów z dostępnych surowców. Dzięki tej funkcji, jeżeli w magazynie znajdują się surowce, z których przedsiębiorstwo produkuje gotowe wyroby lub półprodukty, istnieje możliwość automatyzacji generowania dokumentów rozchodowych w przypadku surowców oraz przychodowych w przypadku

wyrobów gotowych lub półproduktów. Taki substytut produkcji pozwala na wydanie z magazynu poszczególnych ilości surowców (zgodnie z wcześniej zdefiniowaną kartą technologiczną, będącą „przepisem” na produkcję) i przyjęcie na magazyn gotowego wyrobu.

1.1.2. Podstawy prawne

Podstawowym aktem prawnym, regulującym zasady dokumentowania obrotu magazynowego, jest ustawa z 29 września 1994r. o rachunkowości (Dz.U. nr 121, poz. 591). Przyjęcie/wydanie do/z magazynu jest dokumentowane jako operacja gospodarcza dowodami księgowymi, zwanymi również źródłowymi.

Zgodnie z ustawą dowód powinien zawierać co najmniej następujące informacje:

- określenie rodzaju dowodu;
- określenie stron dokonujących operacji gospodarczych (nazwy, adresy);
- opis operacji oraz jej wartość, jeżeli to możliwe, określoną także w jednostkach naturalnych;
- datę dokonania operacji, a gdy dowód został sprawdzony pod inną datą, także datę sprawdzenia dowodu;
- podpis wystawcy dowodu oraz osoby, której wydano lub od której przyjęto składniki majątkowe;
- numer identyfikacyjny dowodu.

Wartość może być na dowodzie pominięta, jeżeli w toku przetwarzania w rachunkowości danych, wyrażonych w jednostkach naturalnych, następuje ich wycena potwierdzona stosownym wydrukiem.

Podstawą zapisów w księgach rachunkowych są dowody źródłowe:

- zewnętrzne obce, otrzymane od kontrahentów;
- zewnętrzne własne, przekazywane w oryginale kontrahentom;
- wewnętrzne, dotyczące operacji wewnątrz jednostki.

Jeśli stosuje się w przedsiębiorstwie komputery, zapisy mogą następować również za pośrednictwem urządzeń łączności lub magnetycznych nośników danych, jednak pod warunkiem, że podczas rejestracji operacji gospodarczej uzyskuje ona trwale czytelną postać, odpowiadającą treści dowodu księgowego, i możliwe jest w razie potrzeby stwierdzenie źródła pochodzenia każdego zapisu.

Wykaz osób odpowiedzialnych za dokonanie obrotu i jego udokumentowanie wraz ze wzorami podpisów powinien znajdować się w zainteresowanych komórkach. Do obowiązków magazyniera realizującego dyspozycję należy sprawdzenie, czy została ona podpisana przez upoważnioną osobę (Weselik, 1997).

Zaletą stosowania wyżej opisanej ustawy jest to, że baza informacyjna różnych programów magazynowych jest jednolita pod względem formalnej zawartości. Daje to możliwość korzystania z bazy danych dokumentów magazynowych, jako znormalizowanego źródła informacji, bez wiązania się z konkretną implementacją komputerową. Fakt ten ma szczególne znaczenie przy budowie systemu wspomagania decyzji dla gospodarki magazynowej opartego na bazie danych dokumentów magazynowych.

1.2. Budowa

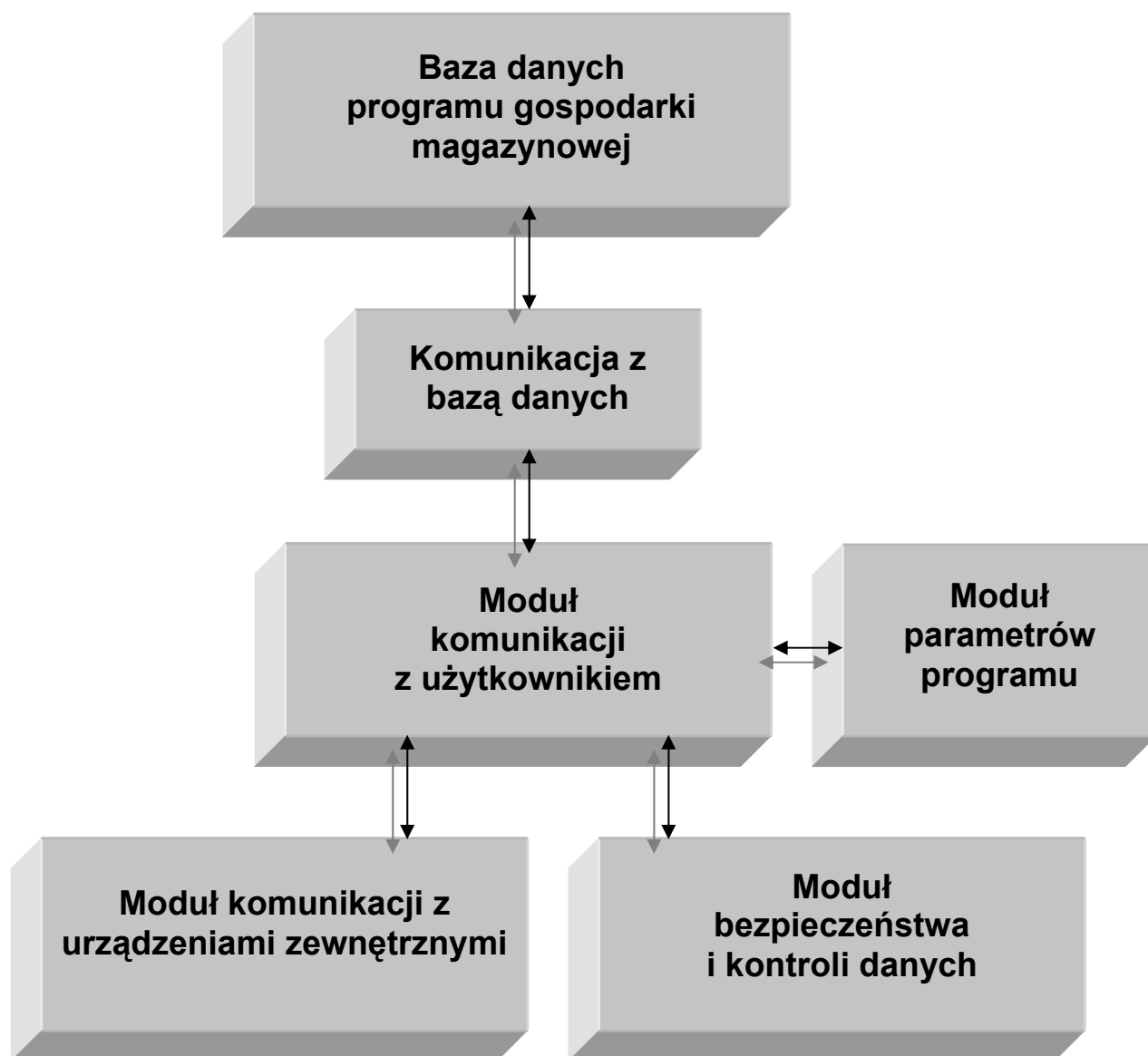
1.2.1. Modułowy schemat struktury

Uproszczony schemat działania programu GM przedstawia Rysunek 1.1. Na jego podstawie można wyróżnić zasadnicze strumienie przepływów magazynowych: strumień wejściowy – dostaw oraz strumień wyjściowy – wydań z magazynu.



Rysunek 1.1 Schemat działania programu gospodarki magazynowej

Programy gospodarki magazynowej charakteryzują się czytelną budową, w której można wyróżnić następujące części (Rysunek 1.2): baza danych programu gospodarki magazynowej, oraz moduły: komunikacji z bazą danych, komunikacji z użytkownikiem, parametrów programu, komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi i bezpieczeństwa i kontroli danych.



Rysunek 1.2 Modułowa budowa programu GM

Zasadniczym elementem programu GM jest baza danych (BD). Ze względu na charakter danych można BD programu magazynowego przypisać cechę temporalności. Nieformalnie temporalną bazę danych można zdefiniować jako każdą bazę danych, w której występuje element czasowy. W przypadku programów GM jest to pełna temporalność, ponieważ w bazie danych zostają zapisane: data wydania dokumentu określająca czas zajścia danego zdarzenia w świecie rzeczywistym oraz datę wpisu do BD, określającą czas lub przedział czasu, w którym dany fakt został zapisany w bazie danych. Temporalny charakter BD jest szczególnie istotny ze względu na możliwość wglądu w historię stanów magazynowych.

Wszystkie najpopularniejsze programy magazynowe posiadają dane zapamiętane w architekturze relacyjnej BD. Integralną częścią bazy danych są pliki indeksowe, niewidoczne

dla użytkownika pod względem funkcjonalnym, jednak niezbędne, ze względu na zwiększenie szybkości dostępu do BD.

Kolejnym składnikiem jaki musi posiadać oprogramowanie magazynowe jest moduł komunikacji z bazą danych, pozwalający na wprowadzanie, kasowanie, zmienianie i wyszukiwanie rekordów w BD. Moduł ten odwołuje się do BD przy wykorzystaniu plików indeksowych lub bezpośrednio (zazwyczaj nie wszystkie tabele BD są indeksowane). Jakość tego modułu jest odpowiedzialna za szybkość i niezawodność programu. Ilość zestawień generowanych przez program (zapytań do BD) to również elementy modułu komunikacji z BD.

Niezbędnym elementem programu GM jest moduł komunikacji z użytkownikiem (interfejs). Czytelność interfejsu użytkownika jest ważną cechą oceny przydatności programu. Należy tutaj zwrócić uwagę na to, że środowisko tekstowe, które przez wielu użytkowników komputerów uważane jest za relikw przeszłości, bardzo dobrze spełnia swoją rolę w przypadku programów GM. Dlatego też mimo, ogólnej tendencji do budowy interfejsu użytkownika w środowisku graficznym, wiele nowych programów GM komunikuje się z użytkownikiem w środowisku tekstowym, którego podstawową zaletą jest szybkość wyświetlania danych i niewielkie wymagania sprzętowe.

W programach GM można również wyróżnić moduł komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi: drukarką, drukarką fiskalną, czytnikiem kodów paskowych itp. W przypadku obsługi drukarki istotnym elementem jest aby program posiadał szeroki zestaw wbudowanych sterowników (programów odpowiedzialnych za komunikację konkretnego urządzenia z komputerem) dla wszystkich najpopularniejszych typów drukarek. Również istotne jest aby istniała możliwość wybrania strony kodowej drukowanych znaków (np. często spotykany problem z wydrukiem polskich znaków). Dostosowanie programu GM do konkretnych urządzeń zewnętrznych wymaga czasami ingerencji programistów w kod programu i stanowi zagadnienie stwarzające wiele problemów w procesie wdrażania systemu.

Istotnym elementem, który powinien znaleźć się w programie GM jest moduł bezpieczeństwa i kontroli danych. Zadaniem modułu kontroli jest sprawdzenie spójności i poprawności danych, jak również sprawdzanie i odbudowa plików indeksowych. Kolejną usługą realizowaną przez ten moduł jest kontrola dostępu do BD i identyfikacja użytkownika. Dzięki tej usłudze istnieje możliwość grupowania użytkowników w klasy o różnych poziomach dostępu do BD (grupa: fakturzysta, kierownik magazynu, właściciel).

Moduł parametrów programu odgrywa szczególnie istotne znaczenie dla klasy programów ogólnych (Rysunek 1.5, str. 19). Odpowiednie dostosowanie programu do potrzeb

użytkownika i uwzględnienie specyfiki firmy to ogólny cel tego modułu. Do szczegółowych jego zadań można zaliczyć: ustawienie wyglądu i zawartości wydruków generowanych przez program, wybranie rodzaju urządzeń zewnętrznych (np.: typ drukarki). Należy zwrócić uwagę, że moduł parametrów systemu nie jest bezpośrednio odpowiedzialny za współpracę z urządzeniami zewnętrznymi, a tylko za wybór urządzenia ze zbioru tych, które są obsługiwane przez moduł komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi.

1.2.2. Struktura baz danych

Programy gospodarki magazynowej służą do ewidencji zdarzeń gospodarczych powiązanych z obrotem towarów oraz do generowania zestawień dotyczących tego obrotu. Można więc stwierdzić, że najważniejszym elementem programu GM jest schemat baz danych oraz ich obsługa (Chodak, 1999c). Nie należy oczywiście pomijać takiego elementu jak interfejs użytkownika (Chodak 1999b), ale sercem programu GM jest baza danych. Odpowiednie zaprojektowanie struktury danych oraz obsługi bazy danych, czyli: dopisywania, uaktualniania, kasowania, wyszukiwania rekordów decyduje w głównej mierze o efektywności pracy systemu (jako efektywność w tym przypadku można przyjąć szybkość działania).

Bazy danych programu gospodarki magazynowej dla małych i średnich przedsiębiorstw można zaklasyfikować do relacyjnych baz danych. Tak więc baza danych programu gospodarki magazynowej jest to zbiór tabel związanych ze sobą połączeniami relacyjnymi.

Formalnie relacyjna baza danych jest definiowana jako zbiór schematów:

$$S = \{(U_i, R_i), i = 1, 2, \dots, n\}$$

gdzie:

U – zbiór wszystkich atrybutów występujących w bazie danych,

R – zbiór zależności funkcyjnych.

Zagadnienia formalnego definiowania relacyjnej bazy danych przedstawiono dokładniej np. w (Muraszkiewicz 1993, Pankowski 1992, Ullman 1998).

Charakterystyczne cechy relacyjnej bazy danych:

- dane zawarte są w tabelach;
- tabele składają się z kolumn określających atrybuty danych;

- liczba kolumn jest stała – określona przez schemat bazy danych;
- kolumny zawierają dane określonych typów (tekstowy, data, liczbowy);
- liczba wierszy, która określa ilość rekordów w bazie danych jest zmienna;
- związki pomiędzy wierszami tabel są zdefiniowane poprzez zależności między wartościami wybranych kolumn, tzw. kluczy.

Ze schematem bazy danych związany jest język obsługi baz danych oraz system zarządzania bazą danych. Języki obsługi baz danych można podzielić na nieproceduralne, do których zaliczyć można SQL, Sequel, QUEL, QBE oraz proceduralne takie jak xBase.

Do najbardziej znanych systemów zarządzania bazą danych (SZBD) można zaliczyć: Oracle, Informix, Sybase, PostgreSQL, Ingress, DB2, Progress, Access, dBase, Paradox, Clipper.

W ograniczeniach relacyjnych baz danych należy wyszczególnić:

- brak bezpośredniej reprezentacji związków między tabelami typu N-M (Połączenie relacyjne typu N-M oznacza, że do jednego rekordu z pierwszej tabeli przyporządkowane może być więcej niż jeden rekord z drugiej tabeli oraz do jednego rekordu z drugiej tabeli przyporządkowane może być więcej niż jeden rekord z pierwszej tabeli.);
- dla problemów o dużym stopniu komplikacji w schemacie bazy danych występuje bardzo wiele tabel, przez co staje się on nieczytelny;
- mało naturalna reprezentacja danych;
- ograniczona podatność na zmiany wynikająca ze sztywnego określenia tabel i związków między nimi;
- trudne operowanie na złożonych obiektach, ze względu na duże rozproszenie danych w wielu tabelach;
- brak złożonych typów danych.

Do zalet relacyjnych baz danych należy zaliczyć przede wszystkim prostotę przy projektowaniu oraz użytkowaniu.

Struktura baz danych programu gospodarki magazynowej stanowi kompromis pomiędzy szybkością działania (dostępu do baz danych) oraz objętością baz danych. Im więcej danych zagregowanych jest w jednej tabeli, tym dostęp do nich jest szybszy. Należy jednak pamiętać, że w przypadku gdy tabelę można rozbić na dwie, połączone ze sobą relacją jeden do wielu

uzyskuje się znaczne zmniejszenie wielkości baz danych. Wielkość baz danych ma znaczenie ze względu na ograniczenia sprzętowe – pojemność twardego dysku na którym pracuje program oraz nośniki, na których dokonywana jest archiwizacja danych (niestety bardzo często nośnikiem do archiwizacji jest dyskietka – nośnik o małej pojemności i dużej zawodności). Podział danych na poszczególne tabele zwiększa również czytelność danych. Kolejną zaletą rozbicia danych na kilka tabel jest większe bezpieczeństwo danych np. w przypadku uszkodzenia tabeli dostawców, tracimy informacje o dostawcach, a pozostaje nienaruszona baza odbiorców.

Operacje realizowane na bazie danych to: wyszukiwanie, dopisywanie, modyfikacja oraz kasowanie rekordów. Oprócz plików baz danych istnieją pliki indeksowe przyspieszające operacje na bazie danych. Każdy z plików indeksowych zawiera zbiór wskaźników indeksowych, po których następuje wyszukiwanie w danej tabeli.

Zasadniczym elementem bazy danych programów GM jest tabela dokumentów magazynowych. Najczęściej jest ona podzielona na dokumenty magazynowe przychodowe i rozchodowe. Z kolei tabela dokumentów przychodowych i rozchodowych może być podzielona na tabelę nagłówek dokumentów oraz tabelę pozycji dokumentów. W przypadku, gdy system budowany jest z nastawieniem na jak najszybszy dostęp do baz danych, podział na nagłówek dokumentu i jego pozycje nie występuje (np. w programie *Buchalter*).

Tabela nagłówek dokumentów zawiera następujące informacje (wybrano ważniejsze pola tabeli *Dokumenty* programu *Subiekt 4.0* („Opis techniczny programu Subiekt 4.0”)):

- identyfikator dokumentu – jednoznaczny klucz określający dany dokument;
- rodzaj dokumentu – najczęściej spotykane dokumenty przychodowe i rozchodowe to: faktura zakupu, faktura sprzedaży, rachunek uproszczony zakupu (nie obowiązuje od 01.01.2000), rachunek uproszczony sprzedaży (nie obowiązuje od 01.01.2000), korekta faktury zakupu, korekta faktury sprzedaży, korekta rachunku zakupu (nie obowiązuje od 01.01.2000), korekta rachunku sprzedaży (nie obowiązuje od 01.01.2000), przesunięcie międzymagazynowe, przyjęcie zewnętrzne, wydanie zewnętrzne, przyjęcie wewnętrzne, wydanie wewnętrzne, paragon (sprzedaż detaliczna), zwrot ze sprzedaży detalicznej;
- identyfikator magazynu (większość programów GM pozwala na pracę z kilkoma wirtualnymi magazynami);
- data wystawienia dokumentu;
- data sprzedaży towarów i usług;
- numer dokumentu;
- numer dokumentu dostawcy;
- identyfikator firmy (odbiorcy/dostawcy);
- wartość dokumentu netto;
- wartość podatku VAT na dokumencie;
- wartość dokumentu brutto;
- wartość upustu wartościowego;

- wartość upustu procentowego;
- identyfikator formy płatności;
- termin płatności;
- kwota wpłacona w momencie wystawiania dokumentu;
- znacznik wyeksportowania dokumentu do innego systemu (najczęściej finansowo-księgowego) – pole to daje możliwość eksportu tylko tych rekordów, które nie były jeszcze eksportowane;
- imię i nazwisko wystawiającego dokument;
- imię i nazwisko odbierającego dokument;
- data ostatniej modyfikacji rekordu;
- wersja dokumentu dla urzędów fiskalnych;
- czy dokument pobrany został z kasy fiskalnej;
- czy dokument został wydrukowany na drukarce fiskalnej.

Przedstawiona lista pól tabeli dokumentów stanowi tylko przykładowy zbiór pól, które powinny znaleźć się w każdym programie GM. Oprócz wymienionych każdy system posiada dodatkowe pola wynikające z konkretnej implementacji (np. pole *status dokumentu* określające czy dokument jest wykonany, odłożony, anulowany czy usunięty).

Tabela zawierająca pozycje dokumentów magazynowych jest połączona relacją jeden do wielu z tabelą, w której zgromadzone są nagłówki dokumentów. W przypadku gdy tabela nagłówek dokumentów podzielona jest na dokumenty sprzedaży i zakupu, wtedy z każdą z nich związana jest osobna tabela pozycji dokumentów („Opis techniczny programu *PSI*”).

Pola jakie są zawarte w tej tabeli to:

- identyfikator pozycji – jest to pole klucz w tabeli pozycja;
- identyfikator dokumentu – służy do połączenia relacyjnego z tabelą dokumenty;
- identyfikator towaru - pełna nazwa towaru znajduje się w tabeli towary;
- typ pozycji np. towar, usługa, komplet;
- wartość upustu procentowego – upust może być realizowany dla całego dokumentu (patrz opis tabeli dokumenty) lub dla poszczególnych pozycji;
- wartość upustu wartościowego;
- jednostka miary – np. sztuki, kilogramy, m² itp.;
- ilość – wyrażona jest w jednostkach miary;
- cena netto;
- cena brutto;
- stawka podatku VAT;
- wartość netto pozycji;
- wartość podatku VAT;
- wartość brutto pozycji.

Można zauważyć, że poza polami odpowiedzialnymi za identyfikację rekordu (identyfikator pozycji, dokumentu) wszystkie pozostałe pola stanowią standardowe dane pozycji na fakturze VAT.

Informacje o towarach zgromadzonych w magazynie zapisane są tabeli *Towary* połączonej relacyjnie z tabelą *Pozycja* (zawierającą pozycje dokumentów sprzedaży).

Występują tu następujące pola:

- identyfikator towaru – jest to pole klucz w tabeli towaru;
- nazwa towaru;
- kod towaru;
- symbol SWW – symbol zwolnienia z podstawowej stawki podatku VAT wynoszącej obecnie 22%;
- grupa towarowa – jest jednym z pól pozwalającym na agregację pozycji asortymentowych. Większa ilość takich pól pozwala na dokładniejszy podział towarów i jest szczególnie przydatna przy dużej ilości pozycji asortymentowych (kilka tysięcy i więcej);
- sumaryczny stan towaru we wszystkich magazynach – pole określa obecny stan towaru, który powinien wynikać z remanentu początkowego oraz dokumentów przychodowych i rozchodowych wystawionych od czasu remanentu;
- nazwa podstawowej jednostki miary;
- cena ewidencyjna netto;
- ostatnia cena zakupu netto – pole ułatwiające szybki dostęp do informacji potrzebnej przy podejmowaniu decyzji o cenie sprzedaży towaru;
- cena sprzedaży netto;
- druga cena sprzedaży – w zależności od programu istnieje możliwość definiowania kilku cenników według których prowadzona jest sprzedaż – przykładowo: cena hurtowa, cena detaliczna itp.;
- stawka podatku VAT;
- termin ważności;
- kod paskowy – pole to jest stosowane w przypadku gdy w magazynie używane są urządzenia do automatycznej identyfikacji takie jak: czytnik kodów paskowych, kolektor danych itp.;
- stan minimalny – wykorzystywany do wyświetlenia użytkownikowi informacji o konieczności złożenia zamówienia;
- średni czas realizacji dostawy – pole ułatwiające podjęcie decyzji o wielkości zamówienia;
- data dokonania ostatniej modyfikacji.

Lista pól tabeli *Towary* może być znacznie bardziej rozbudowana w zależności od specyfiki programu GM i środowiska w jakim ma pracować, jednak w/w lista stanowi zbiór podstawowy spotykany w większości programów GM.

Kolejną tabelą jaka musi być zawarta w systemie baz danych programu GM jest tabela *Odbiorcy* i tabela *Dostawcy*. Istnieją dwa rozwiązania – dostawcy i odbiorcy mogą być zgromadzeni w jednej lub dwóch rozłącznych tabelach. Jedno i drugie podejście ma swoje zalety i wady. Do zalet podziału dostawców i odbiorców na dwie tabele można zaliczyć przede wszystkim większą czytelność tabel – często się zdarza, że firma ma wielu odbiorców i zaledwie kilku dostawców. Do wad należy zaliczyć nadmiarowość zgromadzonej informacji pojawiającej się w przypadku, gdy odbiorca jest równocześnie dostawcą.

Bez względu na to, czy tabela dostawców i odbiorców jest jedna czy podzielona na dwie, powinna zawierać następujące pola:

- identyfikator firmy – pole klucz w tabeli kontrahentów;
- kod firmy – ułatwia wyszukiwanie – często firma kojarzona jest z jednowyrazowym hasłem a nie z pełną nazwą;
- nazwa firmy;
- druga część nazwy – podział dokonany ze względu na długie nazwy firm oraz lepsze możliwości wyszukiwania;
- kwota należności/zobowiązań – stan konta w rozliczeniach z danym kontrahentem wynikający z informacji zapisanej w tabeli dokumenty i tabeli płatności;
- kod pocztowy;
- miasto;
- ulica;
- telefon;
- fax;
- numer NIP – pole jednoznacznie identyfikujące kontrahenta;
- numer konta w banku;
- nazwa banku;
- identyfikator domyślnego upustu przyporządkowanego danemu kontrahentowi;
- identyfikator domyślnej formy płatności;
- kwota maksymalnych należności – pozwala na wyświetlenie ostrzeżenia w przypadku, gdy zaległości płatnicze firmy przekroczą określoną kwotowo granicę;
- lista pracowników;
- uwagi – pole tekstowe zawierające dodatkowe informacje o kontrahencie, np. nazwiska osób kontaktowych itp.;
- data ostatniej modyfikacji;
- poziom cen przy sprzedaży – z jakiego cennika korzysta dany odbiorca (hurtowy, detaliczny, inny).

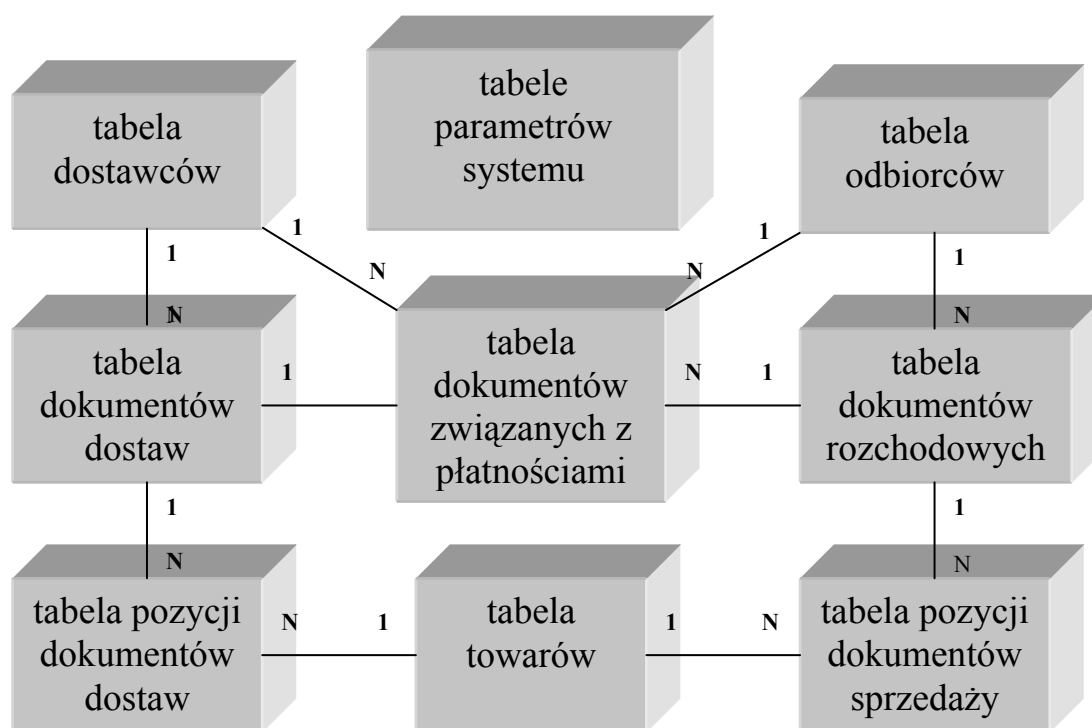
Programy gospodarki magazynowej odpowiedzialne są nie tylko za obroty magazynowe, ale również płatności związane z tymi obrotami. Dlatego też w każdym programie powinna znaleźć się tabela dokumentów odpowiedzialnych za płatności gotówkowe: kasa przyjmie (KP), kasa wyda (KW), oraz przelewowe: bank przyjmie (BP), bank wyda (BW). Struktura tabeli zawierającej informacje o dokumentach kasowych wygląda następująco:

- identyfikator dokumentu kasowego – pole klucz w tabeli dokumenty związanych z płatnościami;
- identyfikator magazynu;
- typ dokumentu kasowego;
- data wystawienia dokumentu;
- numer dokumentu;
- identyfikator dokumentu źródłowego – płatność musi być związana z konkretnym dokumentem rozchodowym lub przychodowym;
- identyfikator firmy;
- osoba wystawiająca dokument;
- osoba odbierająca dokument;
- data dokonania ostatniej modyfikacji.

Informacje dotyczące płatności są często mylnie kojarzone jedynie z programami księgowymi. Zapomina się natomiast, że stan konta rozliczeniowego z poszczególnymi kontrahentami w programie księgowym wynika z dokumentów przychodowych i rozchodowych. Dlatego też jest w pełni uzasadnione, aby programy GM zawierały również

informację o stanie płatności danego kontrahenta i pozwalały na generowanie dokumentów kasowych takich jak: KP, KW, BP, BW. Przydatną funkcją programu GM jest również możliwość generowania druków poleceń przelewu na kwoty wynikające z dokumentów przychodowych i rozchodowych.

Najczęściej spotykany schemat tabel programu GM przedstawia Rysunek 1.3. Połączenia relacyjne pomiędzy poszczególnymi tabelami są typu 1:N. Ten typ połączenia oznacza, że jednemu rekordowi z pierwszej tabeli przyporządkowanych może być więcej niż jeden rekordów z drugiej tabeli, np. do jednego dokumentu rozchodowego, stanowiącego rekord w tabeli dokumentów rozchodowych przyporządkowane jest kilka rekordów zawierających pozycje sprzedaży na tym dokumencie.



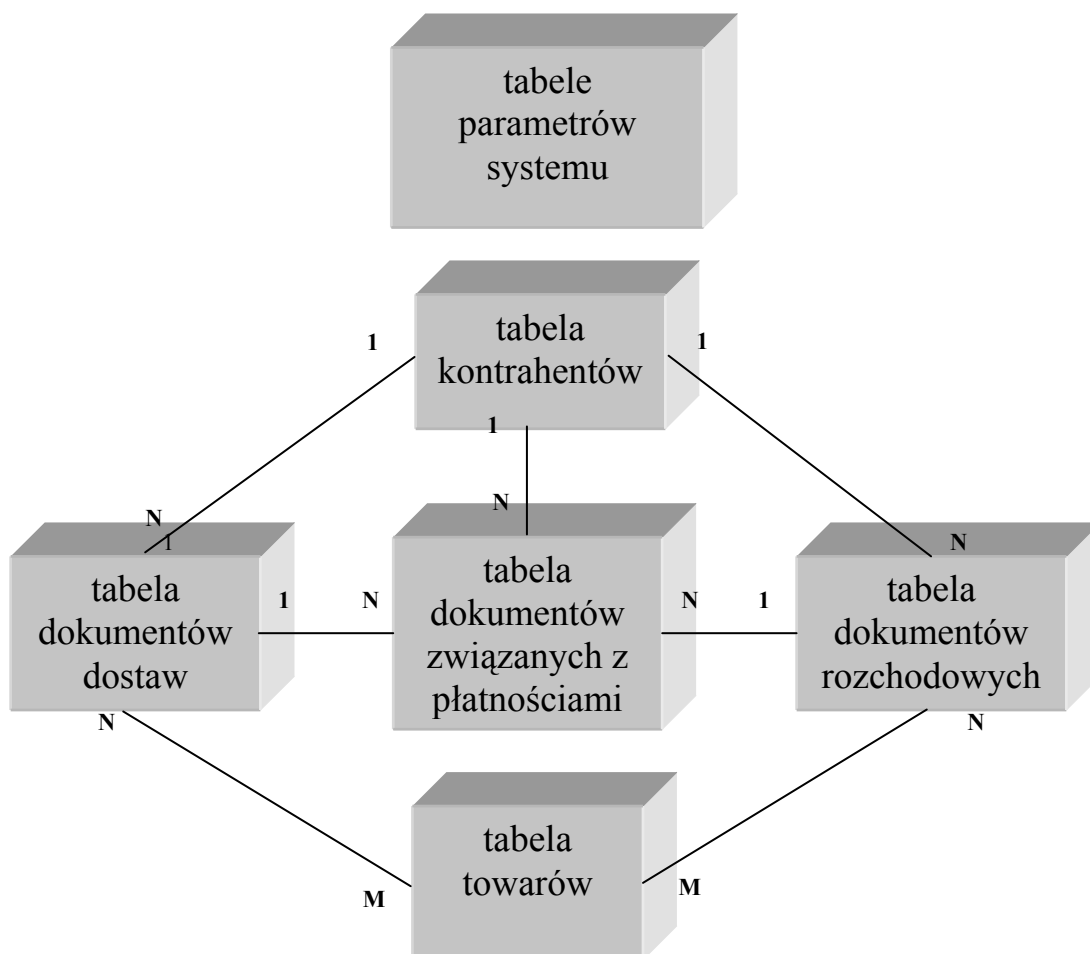
Rysunek 1.3 Modułowy schemat programu GM

Przedstawiony schemat zakłada, że tabela dokumentów została podzielona na tabelę dokumentów dostaw oraz tabelę dokumentów rozchodowych. Podobnie tabela kontrahentów została podzielona na tabelę dostawców oraz odbiorców. Takie rozwiązanie można uznać za najbardziej elastyczne, ze względu na dostęp do baz danych. To rozwiązanie zastosowano m.in. w programie *GM PSI*, wrocławskiej firmy informatycznej *PSI Bolesław Rudnik*. W jednym z najbardziej popularnych na polskim rynku programie *Subjekt* baza odbiorców i dostawców znajduje się w jednej tabeli i każdy rekord kontrahenta zawiera znacznik czy jest

on odbiorcą, dostawcą czy też odbiorcą i dostawcą. Połączenie tabeli dokumentów zakupów/sprzedaży z tabelą pozycji dokumentów zakupów/sprzedaży można spotkać w również bardzo znanym programie *Buchalter*. Takie rozwiązanie powoduje redundancję danych, jest jednak stosowane ze względu na szybkość dostępu do danych.

Rysunek 1.4 przedstawia strukturę baz danych programu GM z minimalną ilością tabel. Można zaobserwować występowanie połączenia relacyjnego typu N:M, które ma miejsce w przypadku tabeli towarów oraz tabeli dokumentów sprzedaży (także dokumentów dostaw) – jeden towar może znajdować się na kilku fakturach, jednocześnie faktura może zawierać więcej niż jeden towar.

Tabele parametrów systemu również można zaliczyć do baz danych programu GM, jednak są one niezależne i ich zawartość związana jest ze specyfiką konkretnego programu. Często w przypadku bardziej zaawansowanych programów GM ustalenie wszystkich parametrów systemu wymaga ingerencji serwisanta.



Rysunek 1.4 Modułowy schemat programu GM dla połączonych tabel

1.2.3. Narzędzia do implementacji

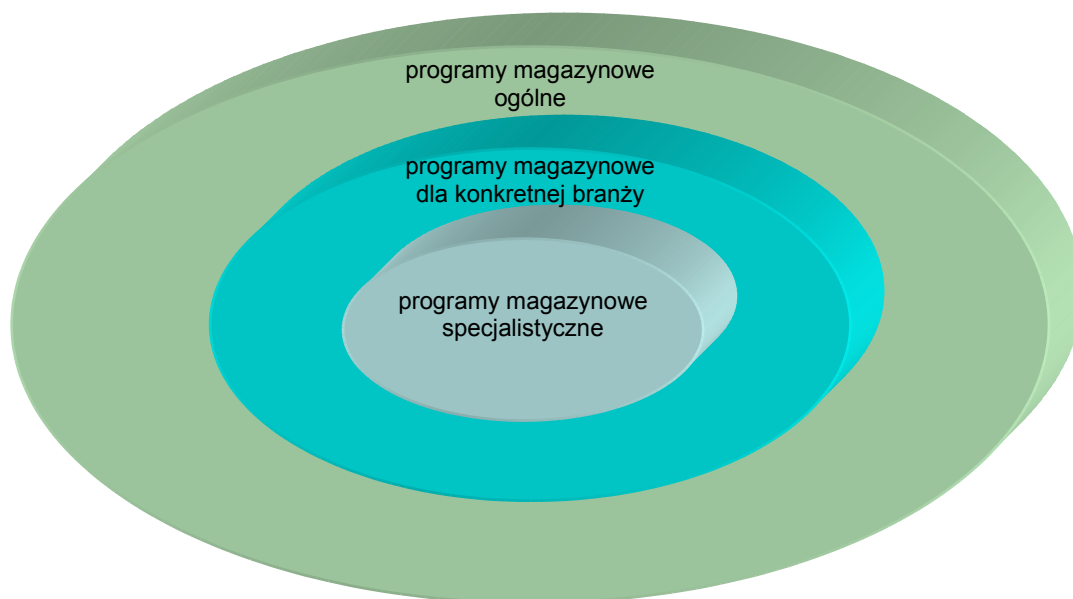
Systemy baz danych w jakich pisane są programy gospodarki magazynowej, to między innymi: *CLIPPER* (PSI), *Microsoft FoxPro* (Subiekt), *Oracle* (TETA GM), *dBASE* i inne. Obecnie na rynku dominuje tendencja do przechodzenia z prostych systemów bazodanowych takich jak *CLIPPER*, *dBASE* czy *Access* na profesjonalne serwery baz danych, do jakich można zaliczyć np.: *Oracle*, *Sybase*, *Ingress*, *Progress*. Tendencja ta spowodowana jest rozrastaniem się baz danych w firmach, w których programy GM działają już kilka czy kilkanaście lat. Można się spodziewać, że udział w rynku drogich systemów bazodanowych w najbliższych latach znacznie wzrośnie. Nie należy natomiast przewidywać spadku zainteresowania prostymi systemami bazodanowymi, ze względu na ich małe wymagania sprzętowe oraz prostotę wdrożenia i obsługi.

1.3. Klasyfikacja

Liczba programów gospodarki magazynowej dostępna na polskim rynku powiększa się z roku na rok i można ją obecnie szacować na kilkaset. Próbę klasyfikacji należałoby zacząć od podziału ze względu na klasę użytkowników, dla których przeznaczony jest program (Rysunek 1.5). Można wyróżnić grupę programów pisanych na konkretne zamówienie związanych ze specyfiką firmy, w której mają pracować. Tego typu programy charakteryzują się nietypowymi rozwiązaniami uwzględniającymi konkretne potrzeby przedsiębiorstwa. Przykładem może być oprogramowanie działające w przedsiębiorstwie *ZiBi* (będącej dystrybutorem m.in. takich firm jak *Casio*, *Sharp*, *Q&Q*). Program magazynowy działający w tej firmie, został napisany na konkretne zamówienie i uwzględnia specyficzny charakter hurtowni posiadającej centralę i wiele filii rozrzuconych po całej Polsce.

Kolejna grupa programów przeznaczona jest tylko dla konkretnych branż (np. aptekarska, samochodowa itp.). Producenci tego typu oprogramowania skupiają swoją uwagę na specyfice danej dziedziny i dostosowują budowę bazy danych oraz interfejsu użytkownika tak aby uwzględniały one charakter danej branży. Przykładami tego typu programów mogą być *Car Dealer Package* firmy *ISA* – przeznaczony dla firm dealerskich sprzedających samochody, czy też Oprogramowanie dla Służby Zdrowia firmy *Kamsoft* przeznaczone między innymi dla hurtowni farmaceutycznych i aptek.

Ostatnią grupę stanowią programy GM o charakterze ogólnym, ale na tyle efektywne, że umożliwiają dopasowanie programu do specyficznych potrzeb przedsiębiorstwa. Każdy z tego typu programów posiada rozbudowany moduł parametrów. Czasami spotyka się również rozwiązania pośrednie, tzn. firma programistyczna oferuje dodatki do standardowej wersji programu, pisane pod konkretne zamówienie, uwzględniające specyfikę danej firmy lub branży.



Rysunek 1.5 Hierarchia programów magazynowych

Innym możliwym podziałem programów GM jest ich klasyfikacja ze względu na interfejs użytkownika. Wyróżnia się tutaj dwie klasy programów: z interfejsem tekstowym oraz z interfejsem graficznym. Rywalizacja tych dwóch rozwiązań jest widoczna na przestrzeni ostatnich lat i wciąż jeszcze nie rozstrzygnięta. Programy dla środowiska graficznego dostosowane są najczęściej do pracy w środowisku Windows. Do ich obsługi niezbędna jest myszka (posługiwanie się wyłącznie klawiaturą w środowisku graficznym jest rzeczą praktycznie możliwą, ale realizowaną wyłącznie przez zaawansowanych użytkowników komputerów), co wbrew pozorom spowalnia pracę z programem – przeniesienie ręki z klawiatury na myszkę zabiera tyle czasu, co wciśnięcie od kilku do kilkunastu klawiszy, w zależności od stopnia zaawansowania piszącego. W środowisku tekstowym również często istnieje możliwość obsługi programu przy pomocy myszy, jednak doświadczeni użytkownicy rzadko korzystają z tej ewentualności. Programy o tekstowym interfejsie użytkownika mogą posiadać możliwość generowania wykresów w trybie graficznym, jednak jest to tylko

uboższy substytut pełnego środowiska graficznego typu Windows. Możliwość ingerencji w poszczególne elementy wyświetlone na ekranie w środowisku tekstowym jest znacznie mniejsza, co gwarantuje większe bezpieczeństwo danych (przypadkowe kliknięcia myszą mogą spowodować np. zafiskalizowanie paragonu).

Stopień integracji programów do zarządzania przedsiębiorstwem również może stanowić element różnicujący. Najczęściej spotyka się dwa rozwiązania. Program GM może być modulem zintegrowanego systemu zarządzania przedsiębiorstwem. Takie rozwiązanie posiada zasadniczą zaletę – bazy danych modułu magazynowego mogą być wykorzystywane przez inne moduły. Często jednak program GM stanowi odrębną całość. W niektórych przypadkach istnieje możliwość eksportu danych do programu księgowego, co znacznie przyspiesza przepływ informacji w firmie.

1.4.Zarys metodologii porównania programów gospodarki magazynowej

Zaproponowanie metodologii porównania systemów magazynowych stanowi trudne i ryzykowne przedsięwzięcie. Które cechy należy wyróżnić? Które szczególnie podkreślić? Każdy użytkownik programu w zależności od specyfiki firmy oraz zajmowanego stanowiska (fakturzysta, kierownik magazynu, kierownik marketingu, właściciel), będzie kładł nacisk na inne elementy, jako najważniejsze. Zaproponowany poniżej zbiór cech, stanowiących podstawę do porównania programów GM, jest oczywiście subiektywny, choć jak się wydaje, zawiera cechy najistotniejsze z punktu widzenia użytkowników programu. Lista cech nie jest oczywiście kompletna i można ją dowolnie rozszerzać, bądź dodając nowe elementy pominięte przez autora, bądź rozbijając poniższe cechy na kilka podcech. Zastosowano trzystopniową skalę oceny:

- + oznacza, że program posiada daną cechę
- + - oznacza, że program częściowo posiada daną cechę
- oznacza, że program danej cechy nie posiada.

Lista programów magazynowych dostępnych w Polsce została przedstawiona w załączniku A. Nie zostały na niej oczywiście zawarte wszystkie osiągalne w Polsce programy GM, lecz te o których autorowi udało się zdobyć wymagane informacje. Spośród tych kilkudziesięciu programów wybrano siedmiu reprezentantów. Ich dobór podyktowany został popularnością programów, popartą dużą liczbą wdrożeń oraz dostępem do szczegółowych

informacji na ich temat. Badania zostały przeprowadzone przy pomocy ankiety rozesłanej do producentów analizowanych programów GM. Wszystkie analizowane poniżej programy są produktami polskimi (Chodak 1999a, Chodak 1999b).

1.4.1. Porównanie najbardziej popularnych programów magazynowych dla małych i średnich przedsiębiorstw

Interfejs użytkownika stanowi jeden z najistotniejszych elementów każdego programu komputerowego. W szczególności programy, przy których pracownik spędza prawie cały czas swojej pracy, a taka sytuacja ma miejsce w przypadku fakturzysty, powinny posiadać przyjazny interfejs użytkownika. Teoria budowy interfejsów użytkownika stanowi rozbudowany dział informatyki. W przypadku programów GM najistotniejszymi elementami są:

- czytelność – ekran powinien być zaprojektowany w sposób przejrzysty, informacje wyświetlane na ekranie, w tym pytania, muszą być zrozumiałe dla użytkownika;
- łatwość obsługi – użytkownik powinien posiadać szybki dostęp do najczęściej używanych funkcji programu oraz te same klawisze zdefiniowane dla podobnych operacji w różnych modułach programu (np. dodanie nowej pozycji do faktury w module sprzedaży, zakupów i zamówień).

Interfejs użytkownika								
Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro -BIT
1.	czytelność interfejsu użytkownika	+	+	+	+ ⁻¹	+	+	+
2.	prostota obsługi i szybki dostęp do najczęściej używanych funkcji	+	+	+	+	+	+	+

Ponieważ program GM można zaliczyć do klasy systemów informacyjnych, wyszukiwanie informacji należy umiejscowić na jednym z pierwszych miejsc w hierarchii wartości cech. Sama ewidencja dokumentów magazynowych, aczkolwiek stanowiąca

¹ interfejs nastawiony jest na użytkownika zaznajomionego z programami finansowo-księgowymi

podstawową funkcję programu, jest niewystarczająca w procesie wspomaganie zarządzania gospodarką magazynową. Szybki dostęp do informacji jest zasadniczą korzyścią jaką daje zastosowanie komputerów w gospodarce magazynowej. Możliwość wyszukiwania dokumentów oraz kontrahentów to główne funkcje wyszukiwawcze, jakie powinien realizować program GM. Podstawową metodą wyszukiwania dokumentów jest wyszukiwanie po ich numerze. W przypadku wyszukiwania kontrahentów lub towarów, oprócz wyszukiwania przy pomocy pierwszych liter, niektóre programy oferują wyszukiwanie po dowolnym ciągu zawartym w nazwie lub opisie danego kontrahenta lub towaru. Inną możliwością, nie wyróżnioną w tabeli ze względu na to, że każdy program powinien ją posiadać, jest wyszukiwanie po unikatowym numerze kontrahenta, jakim jest np.: NIP. Ułatwieniem przy wyszukiwaniu danych jest możliwość sortowania po kluczu, według którego odbywa się wyszukiwanie. Także grupowanie danych w mniejsze klasy (np. odbiorcy hurtowi, detaliczni) pozwala na szybsze i czytelniejsze wyszukiwanie informacji.

Wyszukiwanie informacji

Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro -BIT
3.	możliwości wyszukiwania przy pomocy pierwszych liter	+	+	+	+	+	+	+
4.	możliwości wyszukiwania przy pomocy numerów dokumentów	+	+	+	+	+	+	+
5.	wyszukiwanie po dowolnym ciągu znaków	+	+	+	+	+	+	+
6.	możliwości sortowania danych w zależności od tego, według którego kryterium następuje wyszukiwanie	+	+	+	+	+ ⁻²	+ ⁻	+ ⁻
7.	możliwości grupowania danych w podklasy (grupy towarów, kontrahentów)	+ ³	+	+ ⁻	+	+ ⁻⁴	+	+
8.	możliwość wglądu w stany magazynowe w dowolnym okresie	+	+	+	+	+	+	+

² możliwość sortowania według ustalonych indeksów

³ możliwość stosowania masek zastępujących fragment ciągu znaków

⁴ możliwość grupowania według danych zawartych w rekordach (np. towary wg rodzaju)

Płatności związane z dokumentami magazynowymi, a więc fakturami zakupu oraz sprzedaży, rachunkami uproszczonymi oraz paragonami powinny być ewidencjonowane w programach magazynowych. Wgląd w stan należności i zobowiązań stanowi jeden z elementów, do którego powinno mieć dostęp tylko kierownictwo szczebla wyższego. Stąd należności i zobowiązania stanowią często osobny moduł, do którego dostęp jest uzależniony od uprawnień zalogowanego do programu użytkownika. Generowanie dokumentów KP (kasa przyjmie – dokument wystawiany w momencie wpłaty gotówki do kasy) oraz KW (kasa wyda - dokument wystawiany w momencie wypłaty gotówki z kasy) jest często połączone z wystawieniem lub zaewidencjonowaniem (w przypadku zakupu) dokumentu o gotówkowej formie płatności. Możliwość wglądu w stan kasy oraz generowanie okresowych, najczęściej dziennych, raportów kasowych to elementy pomocne w zarządzaniu finansami firmy. W raporcie kasowym zawarte są wszystkie operacje gotówkowe – wpłaty i wypłaty dokonane w zadanym okresie. Tworzenie druków polecenia przelewu jest wygodnym ułatwieniem przy dokonywaniu zapłat zobowiązań. W przypadku, gdy firma wydaje dziennie kilkadziesiąt lub kilkaset poleceń przelewu – do wypisania druków konieczny byłby osobny pracownik. Jeśli druki polecenia przelewu generowane są automatycznie, operacja sprowadza się do wydrukowania, opieczetowania i podpisania druków. Oszczędność czasu i wykluczenie pomyłek z nieprawidłową wartością wpisaną na druku są niezaprzeczalnymi korzyściami wynikającymi z zastosowania komputerowego systemu. Korzystanie przez firmę z usług więcej niż jednego banku, nie jest procedurą często stosowaną, ale sporadycznie wykorzystywaną. Niestety nie wszystkie programy GM posiadają możliwość wyboru banku do/z którego następuje płatność.

Płatności								
Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro -BIT
9.	ewidencja należności i zobowiązań związana z dokumentami	+	+	+	+	+	+	+
10.	generowanie dokumentów typu KP/KW	+	+	+	+	+	+	+
11.	ewidencja kasy i generowanie raportów kasowych	+	+	+ ⁻	+ ⁻⁵	+	+	+
12.	możliwość ewidencjonowania zaliczek	+	+	+ ⁻	-	+	+	+
13.	generowanie druków polecenia przelewu	+	+	+	+ ⁶	+	+	+
14.	obsługa kilku banków	+	+	+	+	- ⁷	+	+

Ewidencja zdarzeń gospodarczych w małych i średnich przedsiębiorstwach odbywa się dwuetapowo. W pierwszym etapie dane są ewidencjonowane w programie magazynowym, w drugim księgowane w programie księgowym. W przypadku zintegrowanych systemów, w których moduł księgowy posiada automatyczny dostęp do bazy danych dokumentów magazynowych, znika problem importu i eksportu danych. Gdy system GM stanowi odrębny program, automatyczne przesłanie danych do programu księgowego w znacznym stopniu ułatwia pracę księgowej. W takim przypadku istnieje problem formatu danych. Najczęściej programy jednego producenta posiadają możliwość dowolnego przesyłania danych pomiędzy sobą. Czasami współpraca dwóch firm daje możliwość zbudowania pomostu pomiędzy programem magazynowym i księgowym. Tak jest w przypadku firm PSI oraz Yuma. Oprócz eksportu dokumentów do programu księgowego, istotną wydaje się możliwość importu bazy danych kontrahentów z programu księgowego.

⁵ raport kasowy dostępny tylko w module finansowo-księgowym

⁶ funkcja dostępna tylko w module finansowo-księgowym

⁷ wymaga zainstalowania dodatkowego modułu PRZELEWY

Import / export danych								
Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro -BIT
15.	komunikacja z programami księgowymi (księga przychodów i rozchodów, finansowo-księgowy)	+	+	+ ⁸	+	+ ⁹	+	+

Bezpieczeństwo danych programu magazynowego stanowi jeden ze słabiej realizowanych zagadnień w programach GM. Szyfrowanie baz danych stanowi rzadkość – jako przykład można tu podać system Yuma. To, że w programie istnieją klasy użytkowników o różnych poziomach dostępu nie gwarantuje jeszcze bezpieczeństwa, ponieważ każdy może przeglądać bazę danych i dowolnie ją zmodyfikować korzystając z przeglądarki baz danych (w przypadku baz typu *dBase* może to być znana przeglądarka *DBU*). Oczywiście istnieje jeszcze możliwość blokowania dostępu do danego katalogu korzystając z możliwości blokad udostępnianych przez systemy sieciowe (np. *Novell*). Słabe rozwiązania dotyczące blokowania dostępu do danych można tłumaczyć koniecznością szybkiego dostępu do danych – szyfrowanie i deszyfrowanie to czasochłonna procedura. Ciężko jest natomiast wytłumaczyć niedopracowania w takim elemencie jakim jest archiwizacja danych. Programy GM posiadają bardzo dynamicznie rozrastające się bazy danych. W przypadku przedsiębiorstw handlowych codzienna archiwizacja powinna być przez program wymuszana, a przynajmniej tak jak w programie Subiekt 4.0 proponowana. Archiwizacja powinna odbywać się na zewnętrzny nośnik danych jakim jest dyskietka, dysk *ZIP*, lub inne tego typu urządzenie. Archiwizowane dane są najczęściej kompresowane przy pomocy specjalistycznego oprogramowania, np.: *arj* lub *pkzip*, dzięki czemu nawet duże (rzędu kilkadziesiąt tysięcy rekordów) bazy danych mogą zostać „spakowane” na kilku dyskietkach.

Osobnym problemem jest zagadnienie integralności danych. Posiadanie przez program funkcji sprawdzających spójność danych można zaliczyć do jego znaczących zalet. Najprostsze funkcje mogą sprawdzać zgodność obecnego stanu magazynowego danego towaru z jego rozchodami i przychodami liczonymi według dokumentów.

⁸ zewnętrzne oraz wbudowane moduły finansowo-księgowo i księgi przychodów i rozchodów

⁹ standard COMMA, pliki tekstowe ASCII

Najczęściej spotykanym problemem spójności danych spotykanym w pracy z programami GM jest uszkodzenie plików indeksowych – np.: podczas awarii komputera. Możliwość odbudowy plików indeksowych to również funkcja, która powinna się znaleźć w każdym programie magazynowym.

Do zagadnień bezpieczeństwa danych zaliczany był również problem roku 2000. W przypadku temporalnych baz danych zapis daty pojawia się niemal w każdej tabeli bazy danych. Większość programów, szczególnie w środowisku DOS, była pisana w systemach zapisujących rok na dwóch cyfrach, więc dostosowanie tych programów do roku 2000 wymagało zmiany struktur baz danych.

Bezpieczeństwo danych								
Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro-BIT
16.	kontrola i naprawa danych	+	+	+ -	-	- +	+	+
17.	odbudowa plików indeksowych	+	+	+	+	+	ND ¹⁰	+
18.	możliwość archiwizacji danych	-	+	+	+	+	+	+
19.	różne poziomy dostępu (fakturzysta, kierownik magazynu, właściciel)	+	+	+	+	+	+	+
20.	szyfrowanie baz danych	-	-	-	+	-	-	-

Specyfika programów magazynowych wymaga od użytkownika wykonywania często podobnej sekwencji czynności (wystawianie i ewidencjonowanie dokumentów), dlatego też szczegółowa pomoc nie jest aż tak istotnym elementem systemu. Dostępna w każdym momencie pomoc kontekstowa w postaci klawiszy, wraz z ich funkcjami, wypisana na dole ekranu, wydaje się być wystarczającą. Bardzo użyteczną funkcją jest system ostrzegania przed podjęciem niestandardowej decyzji. Przykładami tego typu decyzji może być sprzedaż dla odbiorcy zalegającemu dużą (określoną parametrycznie) kwotę pieniędzy, sprzedaż towaru poniżej jego ceny zakupu, czy też wystawienie faktury VAT kontrahentowi, który nie ma wpisanego numeru NIP. Ostrzeżenia generowane przez komputer w takich wypadkach,

¹⁰ dane posiadają własny format i nie ma potrzeby stosowania plików indeksowych ze względu na możliwość ich dowolnego sortowania

mogą ustrzec użytkownika przed popełnieniem błędu wynikającego z nieuwagi. Kolejnym wygodnym narzędziem dostępnym w niektórych programach GM jest kalkulator. Jego podstawową zaletą i przewagą nad tradycyjnym kalkulatorem leżącym na biurku jest możliwość przeniesienia wyliczonych danych do edytowanego pola.

Pomoc								
Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro -BIT
21.	pomoc opisowa	+	+	+	-	+ ¹¹	+	+
22.	pomoc kontekstowa	+	+	+	+	+ ¹²	+	+/-
23.	informacyjne ostrzeżenie w przypadkach ryzykownych (duże zaległości płatnicze, cena sprzedaży poniżej ceny zakupu itp.)	+	+	+/-	+	+	+/-	+
24.	kalkulator z możliwością przeniesienia danych do edytowanej komórki	+	+	+	+	+	+/-	+

Możliwość współpracy ze zwykłą drukarką posiada każdy program magazynowy. Istnieje oczywiście problem dostosowania konkretnego modelu drukarki do danego programu, ale jest to zazwyczaj kwestia sterowników, dostarczonych wraz z programem. Rzadziej stosowane są drukarki fiskalne – ich wymóg dotyczy sprzedaży detalicznej przekraczającej, określoną w ustawie kwotę. Najczęściej w przypadku posiadania obowiązku fiskalnego stosuje się kasy fiskalne, jednak gdy firma prowadzi sprzedaż zarówno wystawiając paragony jak i faktury i rachunki uproszczone oraz posiada komputer z systemem GM, wygodniejszym rozwiązaniem jest zastosowanie dwóch drukarek: fiskalnej drukującej paragony oraz zwykłej drukującej faktury.

Czytniki kodów paskowych stanowią element nowoczesnego wyposażenia przedsiębiorstw handlowych. Automatyczna identyfikacja towarów połączona z systemem komputerowym, zapobiega pomyłkom przy obrocie towarowym oraz znacznie go

¹¹ tylko w zakresie obsługi baz danych

¹² tylko w zakresie obsługi baz danych

przyspiesza. Współpraca programu GM z czytnikiem kodów paskowych polega między innymi na automatycznym wynajdywaniu informacji o danym towarze, zgromadzonej w bazie danych, w momencie odczytania jego kodu paskowego przez czytnik. Innymi, coraz bardziej popularnymi urządzeniami służącymi do automatycznej identyfikacji towaru są kolektory danych. Różnią się one od prostych czytników kodów paskowych tym, że posiadają pamięć i pozwalają na wprowadzanie informacji o ilości towaru, co jest szczególnie przydatne w trakcie przeprowadzania inwentaryzacji. Kolejnym, mniej znanym na rynku polskim urządzeniem, jest ręczny komputer z czytnikiem kodów paskowych posiadający wbudowane oprogramowanie magazynowe. Przykładem takiego urządzenia jest *PSION*, swoją wielkością i kształtem nie odbiegający od czytnika kodów paskowych. Jedną z niezaprzeczalnych zalet ręcznego komputera jest możliwość podłączenia go do komputera zawierającego centralną bazę danych (np. przez złącze *RS*). Program *PSI* współpracuje z tego typu urządzeniami umożliwiając obustronną transmisję danych pomiędzy ręcznym komputerem i bazą danych programu GM.

Współpraca z urządzeniami zewnętrznymi								
Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro -BIT
25.	współpraca z drukarkami fiskalnymi	+	+	+ ¹³	-	+	+	+ ¹⁴
26.	współpraca z czytnikami kodów kreskowych	+ ¹⁵	+	+	-	+	+	+ ¹⁶

Możliwość prognozowania popytu na podstawie wartości sprzedaży z przeszłości, przy wykorzystaniu na przykład linii trendu, jest narzędziem przydatnym dla analityka określającego wielkość i częstość zamówienia partii towaru. Generowanie zamówień, gdy stany magazynowe poszczególnych towarów osiągają wartości krytyczne określone parametrycznie w karcie danego towaru, jest szczególnie użyteczne dla obrotów magazynowych odznaczających się dużą regularnością. Symulacja zakupów i sprzedaży jest

¹³ 60 typów kas i 10 typów drukarek fiskalnych

¹⁴ drukarki fiskalne *POSNET*, *ELZAB*

¹⁵ program współpracuje również z kolektorami danych i ręcznym komputerem z czytnikiem kodów paskowych *PSION*

¹⁶ program posiada również możliwość współpracy z drukarkami kodów kreskowych oraz z kolektorami danych

elementem obecnie nie realizowanym w systemach GM i może stanowić kierunek ich rozbudowy.

Funkcje sterowania zapasami dostępne są najczęściej w dużych systemach typu MRP II, takich jak system *R3* firmy *SAP*. Jak widać z wyników poniższej tabeli polskie programy jeszcze nie posiadają tego typu funkcji, jednak zdaniem autora jest to tylko kwestia czasu, potrzebnego na zaadoptowanie tych elementów z zagranicznych, spolszczonych produktów takich jak np. z *Saari 30 SP*.

Funkcje sterowania zapasami								
Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro -BIT
27.	możliwość przewidywania popytu	-	-	-	-	-	+ ¹⁷	+
28.	generowanie zamówień, gdy stany magazynowe poszczególnych towarów osiągają wartości krytyczne	+ ¹⁸	-	+	-	-	+	+/-
29.	symulacja obrotów magazynowych	-	-	-	-	-	-	-

Inne funkcje przedstawione w poniższej tabeli stanowią zbiór cech, które nie zostały zakwalifikowane do żadnej z powyższych grup.

Graficzna reprezentacja danych stanowi element przydatny w analizie danych. Zwłaszcza długookresowe analizy trendu można przeprowadzać wykorzystując wszelkiego rodzaju wykresy. Graficzny interfejs użytkownika zdecydowanie sprzyja graficznej obróbce danych, ale również programy działające w trybie tekstowym mogą prezentować dane na wykresach, wykorzystując możliwość przejścia do trybu graficznego.

Ciekawą możliwością jest eksport danych z wyliczonego zestawienia (np. sprzedaż poszczególnych towarów w ostatnim miesiącu) do pliku o formacie czytelny dla arkusza kalkulacyjnego np. *Excel*, *Qatro Pro*. Najpopularniejszymi tego typu formatami są pliki *dBase* lub pliki tekstowe. Dalsza obróbka danych może być realizowana w narzędziu wyspecjalizowanym w analizie danych tabelarycznych, jakim jest arkusz kalkulacyjny.

¹⁷ na podstawie rotacji towarów

¹⁸ na podstawie rotacji towarów lub ustalonych stanów minimalnych

Możliwość wprowadzania do systemu dokumentów zamówień zwanych fakturami proforma to również element jaki powinien posiadać każdy program magazynowy. W momencie realizacji danego zamówienia następuje automatyczne przeniesienie informacji z zamówienia na fakturę.

Obsługa kilku cenników daje możliwość wybrania ceny, po której zostanie sprzedany towar. Często rozwiązaniem jest możliwość definiowania w kartotece danego kontrahenta, z którego cennika przysługują mu ceny. Istnieje wtedy możliwość podziału kontrahentów na klasy, ze względu na osiągnięte obroty.

Wybór metody obliczania kosztu własnego towarów, daje możliwość dostosowania programu GM do programu finansowo-księgowego, w którym jest ona podyktowana konkretnymi warunkami w jakich działa przedsiębiorstwo.

Istnieją trzy metody obliczania kosztów towarów zalecane przez polskie prawo. Są to:

- metoda FIFO (*first in first out*) – najbardziej popularna, polegająca na zasadzie: „pierwsze przyszło, pierwsze wyszło”, a więc najpierw sprzedawane są towary, które najwcześniej trafiły do magazynu. Popularność tej metody w Polsce spowodowana jest między innymi dużą inflacją;
- metoda LIFO (*last in first out*) – polegająca na zasadzie: „ostatnie przyszło, pierwsze wyszło”. Tak więc najpierw sprzedawane są te towary, które trafiły jako ostatnie do magazynu;
- metoda średniej kroczącej, polegająca na wyliczaniu średniej z kosztu własnego towarów, uaktualnianą przy każdym nowym przychodzie.

Możliwość pracy w sieci programu GM to atrybut, który powoli staje się standardem. Niestety stabilność programów pracujących na wielu stanowiskach roboczych, pozostawia jeszcze wiele do życzenia. Wynika to między innymi z faktu istnienia wielu systemów sieciowych o różnej specyfice, np. *Novell*, *Lantastik*, *Windows NT*, *Unix*. Dostosowanie wersji sieciowej do każdego z tych systemów, wymaga dokładnej znajomości mechanizmów sieciowych stosowanych w konkretnych rozwiązaniach. Kolejną wadą większości programów GM jest ich brak transakcyjności. Rozpoczęta i nie zakończona operacja (np. sprzedaż) w momencie awarii komputera powinna zostać cofnięta do punktu wyjścia. Błąd może spowodować zdjęcie ze stanu magazynu określonej ilości towaru, a następnie w wyniku awarii nie pojawienie się tego towaru na wystawianej właśnie fakturze. Jest to niebezpieczny błąd w programach GM, gdyż powoduje on zniknięcie towaru bez udokumentowania. Tego typu błędy mogłyby zostać ominięte przez zastosowanie systemów transakcyjnych, potrafiących wycofać każdą nie zakończoną transakcję w bazie danych.

Podział towarów na magazyny daje możliwość dokładniejszego śledzenia obrotów. Rozbicie na poszczególne magazyny niekoniecznie musi być zgodne z fizycznym ulokowaniem towarów w magazynach. Dla firm zajmujących się w swojej działalności kilkoma dziedzinami, możliwość ewidencji danych w kilku magazynach wydaje się być szczególnie użyteczna.

Ewidencja dokumentów SAD, to opcja przydatna zwłaszcza dla firm zajmujących się importem i eksportem. Dla tego typu przedsiębiorstw, będących często spółkami z udziałem zagranicznym, stworzona została możliwość prowadzenia magazynu w innej walucie.

Często spotykanym w przedsiębiorstwach problemem jest trudność wynikająca z ewidencji produkcji. Wspecjalizowane programy przeznaczone dla przedsiębiorstw produkcyjnych potrafią radzić sobie z tym problemem. Natomiast programy GM, dedykowane w swoim przeznaczeniu przedsiębiorstwom handlowym posiadają mechanizmy, których zadaniem jest przetwarzanie stanów magazynowych surowców na stany magazynowe wyrobów, zgodnie z wcześniej zdefiniowaną kartą technologiczną. Tego typu mechanizm polega na określeniu jaka ilość danego surowca (półproduktu) potrzebna jest do wyprodukowania gotowego wyrobu, a następnie przeprowadzeniu produkcji, polegającej na wygenerowaniu dokumentów przychodu gotowego wyrobu i automatycznemu wygenerowaniu dokumentów rozchodowych na zużyte do produkcji surowce. Jeżeli program GM posiada tego typu mechanizm, umożliwia on automatyczne wyliczenie wartości własnej gotowego wyrobu, wynikające z sumy wartości zużytych do produkcji surowców.

Inne funkcje								
Lp.	Nazwa cechy	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro -BIT
30.	graficzna prezentacja danych	-	+-	-	-	-	+-	-
31.	eksport zestawienia do pliku czytelnego dla arkusza kalkulacyjnego	+	+	+	+	+	+	+
32.	możliwość generowania dokumentów zamówień	+	+	+	+	+	+	+
33.	obsługa kilku cenników	+	+	+- ¹⁹	+	-	+	+
34.	wybór metody obliczania kosztów towarów (FIFO, LIFO, średnia)	+	+-	-	+	-	+-	+-
35.	możliwość pracy w sieci	+	+	+	+	+	+	+
36.	możliwość prowadzenia wielu magazynów	+	+	+	+	+	+	+
37.	możliwości ewidencji eksportu i importu (ewidencja dokumentów SAD) i prowadzenia magazynu w innej walucie	+	+- ²⁰	-	+	+- ²¹	+	+-
38.	możliwości produkcji – przyjmowanie na magazyn surowców i generowanie według kart technologicznych gotowych wyrobów z automatycznym zdjęciem ze stanów surowców i dostawą wyrobów gotowych	+	+	+-	+	+	+	+

Zestawienia generowane przez programy gospodarki magazynowej to element szczególnie istotny dla kierownictwa średniego i wyższego szczebla. Zestawienia są wykorzystywane przy przeprowadzaniu analizy ekonomicznej przedsiębiorstwa, a więc takich

¹⁹ dwie ceny oraz system rabatów

²⁰ brak dokumentów SAD

²¹ brak dokumentów SAD

elementów jak: analiza sprzedaży, analiza zysków, analiza asortymentowa, itp. Liczba i przydatność zestawień generowanych przez program GM świadczy o jego jakości i jest często wykorzystywana jako kluczowy element w reklamach danego produktu. Możliwość definiowania przez użytkownika własnych zestawień to znaczący atut programu GM. Jak wcześniej wspomniano, kolejnym atutem jest możliwość eksportu wyników danego zestawienia do postaci czytelnej dla wyspecjalizowanego narzędzia analitycznego, jakim jest arkusz kalkulacyjny.

Zestawienia generowane przez program								
Lp.	Nazwa zestawienia	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MAD-AR	Mikro-BIT
1.	Bilans zakupów i sprzedaży w dowolnym okresie	+	+	+ -	+	+	+	+
2.	Remanent – zestawienie towarów na dowolny dzień	+	+	+	+	-	+	+
3.	Sprzedaż w danym okresie	+	+	+	+	+	+	+
4.	Zakupy w danym okresie	+	+	+	+	+	+	+
5.	Analiza odbiorców danego towaru	+	+	+	+	-	+	+
6.	Analiza dostawców danego towaru	+	+	+	+	-	+	+
7.	Należności	+	+	+	+	+	+	+
8.	Zobowiązania	+	+	+	+	+	+	+
9.	Obroty magazynowe	+	+	+	+	+	+	+
10.	Zyski	+	+	+	+ ²²	+	+	+
11.	Podatek	+	+	-	+ ²³	+	+	+

²² funkcja dostępna w module finansowo-księgowym

²³ funkcja dostępna w module finansowo-księgowym

Wybrane zestawienia stanowią tylko niewielką część używanych przez zaawansowanych analityków, jednak brak któregoś z tych zestawień może w znacznym stopniu wpłynąć ujemnie na ocenę programu. Dostosowanie zbioru zestawień do specyfiki danego przedsiębiorstwa stanowi jeden z istotniejszych elementów wdrażania systemu.

Warto również nadmienić, że żaden z analizowanych programów nie posiada możliwości łączenia kilku zestawień w jedno zagregowane kryterium.

1.4.2. Podsumowanie porównania

	PSI	Subiekt 4.0 Plus	Small Business 4.2	Yuma	Pani Basia	MADAR	MikroBIT
Suma punktów	33	32,5	30	27,5	27	32,5/37	32
Suma punktów w zestawieniach	11	11	10	11	8	11	11
Suma ogółem	44	43.5	40	38.5	35	43.5/48	43

Jak można zaobserwować w tabeli podsumowującej porównanie, wszystkie przebadane programy uzyskały wynik powyżej 34 punktów na 48 możliwych (każdy punkt oznacza posiadanie przez program danej cechy lub zestawienia). Liczba ta informuje, że wszystkie analizowane programy realizują ponad 70% wyróżnionych funkcji. Należy zwrócić uwagę na dobrze rozwinięte mechanizmy wyszukiwania informacji – większość programów posiada komplet badanych funkcji. Rezultat ten można uznać za zadowalający, świadczący o wysokiej jakości badanych programów. Należy zwrócić uwagę na dobrze rozwinięte mechanizmy wyszukiwania informacji – większość programów posiada komplet badanych funkcji. Jednak jak wynika z powyżej przedstawionej analizy, istnieją jeszcze obszary będące słabymi stronami badanych programów GM – są to:

1. sterowanie zapasami,
2. bezpieczeństwo danych.

Zwłaszcza jeżeli weźmie się pod uwagę funkcje sterowania zapasami, co warto podkreślić, żaden z badanych programów nie posiada kompletu wyróżnionych cech. Symulacja obrotów magazynowych nie jest realizowana przez żaden z badanych programów GM. Funkcje prognozowania popytu, dostępne jedynie w dwóch programach, polegające na prostym

określaniu popytu na podstawie rotacji towarów, trudno uznać za zaawansowane narzędzie analityczne. Podobnie generowanie propozycji wartości zmiennych decyzyjnych takich jak np. wielkość zamówienia, oparte jest na uśrednianiu danych historycznych, nie zaś na wykorzystywaniu zaawansowanych modeli sterowania zapasami.

Również w grupie funkcji dotyczących bezpieczeństwa danych można mówić o pewnych niedoskonałościach. Jednak w tej dziedzinie powinien nastąpić gwałtowny postęp w momencie gdy przedsiębiorstwa zaczną doceniać wartość jaką zmagazynowane dane stanowią dla firm konkurencyjnych.

Dane dotyczące zestawień świadczą o wysokim poziomie programów, jeżeli spojrzeć na nie pod kątem podstawowych zdolności analitycznych. Należy jednak zaznaczyć, wcześniej wspomniany brak możliwości agregacji kilku zestawień w jedno kryterium.

Najlepszy procentowo rezultat uzyskał program PSI, tylko nieznacznie wyprzedzając oprogramowanie firmy MADAR. Obydwa programy mogą konkurować z oprogramowaniem zachodnich firm, które jak można oczekiwać, w najbliższym czasie zaczną intensywnie wprowadzać swoje produkty na polski rynek.

1.5. Ważniejsze aspekty dotyczące wdrażania programów gospodarki magazynowej

Zakup i wdrożenie w przedsiębiorstwie programu gospodarki magazynowej (GM) to jedno z ważniejszych zadań jakie stoi przed kadrą menedżerską. Zarząd firmy powinien mieć świadomości korzyści jakie płyną z wdrożenia programu GM, jak również kosztów związanych z wdrażaniem oraz eksploatacją programu (Chodak, 1999d).

Wyboru programu GM należy dokonywać według jasnych kryteriów. Przed dokonaniem zakupu menedżer powinien sporządzić listę zadań jakie powinien realizować program, a następnie porównać ją z możliwościami przewidywanego do zakupu programu. W przypadku gdy lista ta jest zgodna z realizowanymi przez program funkcjami lub gdy rozbieżności są akceptowalne, należy zwrócić uwagę na kolejne elementy takie jak:

- koszty wdrożenia,
- koszty przyszłe: serwis informatyczny oraz perspektywy rozwoju oprogramowania.

1.5.1. Korzyści wynikające z wdrożenia

Naturalnym jest, aby oczekiwane korzyści wynikające z wdrożenia programu przewyższały koszty wdrożenia. Do korzyści jakie może osiągnąć firma dzięki wdrożeniu programu gospodarki magazynowej, należy zaliczyć przede wszystkim oszczędność zasobów ludzkich zaangażowanych w: fakturowanie, ewidencjonowanie stanów magazynowych, inwentaryzację oraz we wszelkie operacje związane z przepływem dokumentów magazynowych. Przepływ dokumentów takich jak: faktury, rachunki uproszczone, paragony, dokumenty kasowe: kasa przyjmie (KP), kasa wyda (KW), dokumenty: wydania z magazynu (WZ), przesunięcia międzymagazynowe (MM), przyjęcia do magazynu (PZ), może zostać przyspieszony dzięki wykorzystaniu programu GM pracującego w sieci komputerowej. Sprzężenie programu GM z programem finansowo księgowym daje możliwość automatycznego przekazywania dokumentów (w formie elektronicznej) związanych ze sprzedażą, co oszczędza pracę działu księgowości.

Kolejną niewątpliwą zaletą wdrożenia programu GM jest zmniejszenie liczby błędów wynikających z niewłaściwej ewidencji stanów magazynowych. Dzięki możliwości śledzenia na bieżąco stanów magazynowych zwiększa się również stopień kontroli pracowników.

Program GM daje również możliwość dokonywania analizy finansowo-ekonomicznej dzięki wykorzystaniu zestawień (raportów) generowanych przez program. Istotne jest także aby zestawienia dostępne w programie GM zaspokajały potrzeby informacyjne średniego i wyższego stopnia kierownictwa w firmie. Dopasowanie zestawień do potrzeb kierownictwa może w znacznym stopniu podnieść użyteczność oprogramowania.

Do korzyści wynikających z wdrożenia programu GM należy zaliczyć również zwiększenie prestiżu firmy posiadającej system informatyczny. Obecnie w Polsce coraz rzadziej spotyka się firmy nie wykorzystujące komputerów w swojej działalności. Są one uważane za przestarzałe, nie nadążające „za duchem czasu”.

1.5.2. Koszty wdrożenia

Udział poszczególnych opisanych poniżej składowych w całkowitych kosztach wdrożenia może się różnie kształtować w zależności od wyboru programu GM oraz firmy wdrażającej oprogramowanie. Ogólnie jednak można zauważyć, że zasadniczym kosztem przy wdrażaniu programu GM jest zakup oprogramowania i sprzętu komputerowego.

1. Koszty oprogramowania

Pierwszym istotnym elementem kosztów wdrożenia systemu komputerowego jest cena programu. Powinna być ona proporcjonalna do możliwości programu, jednak należy pamiętać, że program ma działać w konkretnym środowisku, dlatego bardzo często nie wszystkie jego możliwości są wykorzystywane. Inwestowanie w drogie oprogramowanie, z którego większość funkcji jest niepotrzebna, mija się więc z celem. Przy sporządzaniu kosztorysu związanego z zakupem oprogramowania, należy zwrócić uwagę czy podana cena obejmuje wszystkie moduły programu. Dość często stosowaną praktyką jest podawanie ceny ubożej wersji podstawowej, natomiast dodatkowe moduły należy dokupować osobno, co może w znacznym stopniu zwiększyć cenę oprogramowania. Istotne jest również zorientowanie się w cenach uaktualnień programu. Zmieniająca się sytuacja ekonomiczno-prawna będzie w przyszłości wymagać wymiany wersji programu na nowszą. Niektóre firmy programistyczne oferują uaktualnienia za darmo, inne wyceniają nowsze wersje nawet do 50% ceny programu podstawowego.

Biorąc pod uwagę oprogramowanie, wymagania programów gospodarki magazynowej wiążą się z posiadaniem systemu operacyjnego, do którego dostosowane jest oprogramowanie – najczęściej DOS lub Windows. W przypadku posiadania wersji sieciowej, niezbędny jest sieciowy system pozwalający na dostęp do danych z wielu komputerów. Wyróżnić można dwa zasadnicze rozwiązania: system z serwerem dedykowanym wymagający osobnego komputera pełniącego rolę serwera, lub bez serwera dedykowanego. Najpopularniejszymi systemami sieciowymi, przeznaczonymi do pracy z serwerem dedykowanym są Novell i Unix. W przypadku mniejszych sieci (do 10 komputerów) tańszym rozwiązaniem jest praca bez serwera dedykowanego, z wykorzystaniem systemów Lantastic lub korzystającą z oprogramowania sieciowego dostępnego w systemie Windows 95/98/ME.

2. Koszty sprzętu komputerowego

Jednym z najistotniejszych składników kosztów jest konieczne rozszerzenie sprzętu komputerowego do wymagań nowego oprogramowania oraz zakup nowego sprzętu komputerowego. Zakup komputerów, drukarek, okablowania i urządzeń sieciowych stanowi często największy procent w kosztach wdrożenia nowego programu GM. Szczególnie w przypadku gdy wdrożenie programu GM jest związane z wyposażeniem w komputery i drukarki fiskalne stanowisk sprzedaży.

Często pojawiającym się problemem jest wymagane przez wdrażany system GM przejście z systemu operacyjnego DOS na system Windows, które może się wiązać z modernizacją sprzętu komputerowego. Dlatego przed zakupem nowego oprogramowania niezbędne jest dokładne zapoznanie się z jego wymaganiami sprzętowymi.

W przypadku większej ilości stanowisk komputerowych należy również liczyć się z kosztem projektu sieci komputerowej. W takim projekcie powinna znaleźć się architektura sieci, opis poszczególnych stanowisk zarówno pod względem hardwareowym jak i softwareowym.

Programy GM nie zaliczają się do klasy systemów posiadających duże wymagania sprzętowe. Minimalne wymagania stawiane przez program są często na tyle niskie, że spełnia je każdy dostępny obecnie w sprzedaży komputer. Jednak należy się również liczyć z kosztami urządzeń dodatkowych: drukarek fiskalnych, kolektorów danych, czytników kodów paskowych itp. Szczegółowiej wymagania sprzętowe programów GM zostały omówione w (Chodak, 1999c).

3. Koszty związane z dostosowaniem programu GM do konkretnego środowiska i wymagań klientów

Do kosztów wdrażania programu GM należy zaliczyć również dostosowanie zakupionego oprogramowania do sprzętu, który istnieje w firmie. Przed zakupem oprogramowania należy zorientować się, czy nowy system będzie współpracował z posiadanymi urządzeniami – drukarkami, drukarkami fiskalnymi, czytnikami kodów paskowych, kolektorami danych itp. Sprawdzenie, czy wraz z oprogramowaniem zostaną dostarczone odpowiednie sterowniki (*drivers*) umożliwiające komunikację programu z urządzeniami zewnętrznymi, może ustrzec przed koniecznością wymiany posiadanego sprzętu.

Dostosowanie oprogramowania GM do wymagań klienta to często pomijany przy sporządzaniu kosztorysu element kosztów. Parametryzacja oprogramowania sprawia, że jest ono bardziej elastyczne i daje się dostosować do różnych środowisk. Jednak niemożliwe jest napisanie programu, który spełniałby wymagania wszystkich klientów, dlatego też często niezbędne jest dopisanie przez programistów brakujących funkcji dostosowujących oprogramowanie do wymagań odbiorcy. Rozszerzanie oprogramowania o nowe funkcje wymaga zaangażowania programistów i często jest bardzo czasochłonne – pisanie programu wiąże się nieodłącznie z projektem, kodowaniem i testowaniem nowych modułów. Z tego też

powodu wdrożenie może odbywać się równolegle z pracami programistów. Najpierw wdrożona jest podstawowa wersja systemu, a następnie gdy prace programistyczne zostaną zakończone, zostaje ona zamieniona na rozszerzoną wersję. Szkolenie wtórne obejmuje wtedy tylko dodatkowe nowe funkcje.

Dopasowanie parametrów działającego w firmie systemu operacyjnego oraz sieciowego, do wymagań wdrażanego, wymaga zazwyczaj stosunkowo niewielkich nakładów, jednak nie powinno być w kosztorysie pomijane. Dla prostych systemów gospodarki magazynowej, jakie można nabyć w sklepach informatycznych, ustawienie parametrów systemu operacyjnego może ograniczać się do dopisania kilku instrukcji w plikach *autoexec.bat* oraz *config.sys*. Jednak w przypadku większych systemów, niezbędna jest ingerencja wdrożeniowca znającego dokładne wymagania oprogramowania i wartości konkretnych zmiennych środowiskowych.

Do kosztów wdrożenia oprogramowania należy ponadto wliczyć przeniesienie danych z poprzedniego programu, jeżeli taki wcześniej był używany. Najczęściej problem polega na konwersji danych z jednego do innego typu. W przypadku, gdy stary i nowy system korzystają z tych samych formatów danych (np. relacyjne bazy danych typu *dBase*) przeniesienie danych może odbyć się automatycznie przy pomocy prostego narzędzia np. DBU. Najbardziej niekorzystna sytuacja pojawia się gdy bazy danych starego i nowego systemu są niekompatybilne. Wtedy niezbędne jest napisanie przez programistów konwertera baz danych umożliwiającego automatyczne przeniesienie danych. W takim przypadku należy skalkulować koszt pisania programu przenoszącego dane z kosztem wpisywania od nowa wszystkich danych o kontrahentach, towarach itp.

4. Koszty szkolenia informatycznego

Kolejnym elementem kosztów wdrożenia programu GM jest szkolenie informatyczne. W zależności od stopnia informatycznej kultury panującej w firmie, szkolenie może przebiegać różne formy. Często praktyką jest przeszkolenie przedstawicieli firmy najlepiej zaznajomionych z komputerami, którzy następnie przeprowadzają szkolenie swoich współpracowników. Takie rozwiązanie znacznie obniża koszty szkolenia - czas jaki musi poświęcić wdrożeniowiec jest znacznie krótszy. Szkolenie personelu jest ostatnim z elementów wdrożenia systemu. Po jego zakończeniu powinien zostać podpisany dokument, że wdrożenie zostało zakończone i personel potrafi obsługiwać zakupiony program. Zazwyczaj pierwszym etapem wdrożenia systemu jest zainstalowanie jego wersji próbnej,

aby personel mógł się z programem zaznajomić, bez konsekwencji wynikających z błędów w jego obsłudze. Etap próbny pozwala również na zorientowanie się w ewentualnych brakujących funkcjach jakie powinno spełniać oprogramowanie, aby sprostało wymaganiom klienta. W trakcie trwania okresu próbnego pracy systemu zalecane jest, aby wdrożeniowiec był na miejscu i kontrolował czy praca z systemem odbywa się zgodnie z zaleceniami.

5. Koszty rozwoju oprogramowania

Managerowie planujący zakup programu gospodarki magazynowej powinni liczyć się z kosztami rozwoju oprogramowania. Zmieniająca się sytuacja ekonomiczno-prawna, rozwój firmy, zmiany struktury firmy wymuszają dostosowanie działającego oprogramowania do zaistniałych transformacji. Należy wziąć pod uwagę koszty zakupu nowych wersji programu, dodatkowych stanowisk komputerowych oraz związanych z tym kolejnych licencji oprogramowania.

Mimo iż lista kosztów powstających przy wdrażaniu i eksploatacji programu GM jest rozbudowana, jednak wymienione korzyści wynikające z wdrożenia mogą znacznie przewyższać koszty, zwłaszcza w dłuższym okresie czasu.

1.5.3. Serwis informatyczny

Serwis informatyczny oferowany przez firmę produkującą oprogramowanie w znacznym stopniu podnosi wartość programu. Można wyróżnić pięć typów serwisu informatycznego. Często są one stosowane równolegle (Chodak, 1999d):

- serwis u klienta. Serwisant przyjeżdża do klienta i u niego dokonuje napraw, wyjaśnia wątpliwości, przeprowadza dodatkowe szkolenia itp. Podstawową zaletą takiego rozwiązania jest dokładna znajomość sytuacji problemowej przez serwisanta. Pracując u klienta, rozwiązuje on problem „na żywym organizmie” dzięki czemu sytuacje, w których klient źle rozpoznał sytuację problemową zostają wykluczone. Wadę tego typu serwisu stanowią jego znaczne koszty, wynikające z wysokich stawek za godzinę pracy serwisanta.
- serwis w firmie programistycznej. Klienci mogą zabrać ze sobą bazy danych i pojechać do firmy, gdzie mają do swojej dyspozycji serwisantów. Zasadniczą wadą takiego rozwiązania jest małe prawdopodobieństwo rozwiązania problemów wynikających ze złej

konfiguracji oprogramowania i sprzętu – serwisant, mimo iż użytkownik może mu przywieźć pliki konfiguracyjne, nie jest w stanie sprawdzić całego środowiska sprzętowo-programowego. Kolejną wadą jest problem przewozu dużych ilości danych. Często korzysta się w takich przypadkach z archiwizerów sprzętowych typu ZIP, streamerów lub zapasowych twardych dysków, umieszczonych w przenośnych szufladach. Pojemność dyskietki jest zbyt mała aby pomieściła większe ilości danych.

- serwis telefoniczny typu „hot line”. Firma produkująca oprogramowanie zatrudnia serwisantów, którzy przez telefon próbują rozwiązać problemy klientów. Poważną wadą takiego rozwiązania jest brak bezpośredniego kontaktu serwisanta z komputerem i bazami danych.
- serwis zdalny za pośrednictwem modemu. Dzięki wykorzystaniu programów umożliwiających zdalne sterowanie komputerem z odległego terminala (przykładem takiego programu jest *PC Anywhere*) serwisant może poprawić błędy w bazach danych, zmienić parametry programu, ustawić zmienne środowiskowe, przesłać i zainstalować dodatkowy moduł programu GM itp. Tego typu serwis staje się obecnie coraz bardziej popularny ze względu na możliwość serwisu w oddalonych miejscach. Należy jednak wspomnieć, że koszt tego typu serwisu zostaje zwiększony o opłatę za impulsy telefoniczne, która w przypadku połączeń zamiejscowych może być bardzo wysoka.
- serwis z wykorzystaniem poczty elektronicznej. Coraz bardziej popularne staje się wykorzystanie internetu do potrzeb serwisowych. Jedną z metod jest udostępnienie konta pomocy, na które użytkownicy programu GM kierują swoje zapytania. Często odpowiedzi na często zadawane pytania (FAQ – frequently asked questions) zostają umieszczone na serwerze WWW i są ogólnie dostępne w internecie. Użytkownicy mogą również przysyłać pocztą elektroniczną pliki konfiguracyjne lub uszkodzone bazy danych (w przypadku gdy nie są one większe niż wielkość konta poczty elektronicznej). Taki tryb serwisu, zwany popularnie off-line, jest najtańszy dla użytkowników – często udostępniany za darmo lub za drobną ryczałtową opłatą.

1.5.4. Przykład wdrożenia programu gospodarki magazynowej

Wdrożenie programu GM zostanie omówione na przykładzie programu GM „PSI” zakupionego przez przedsiębiorstwo „Armel”, które w momencie wdrożenia było dynamicznie rozwijającym się Zakładem Pracy Chronionej – zatrudniającym około 60

pracowników. Główną dziedzinę działalności przedsiębiorstwa „Armel” stanowiła produkcja oraz handel odzieżą roboczą i dziecięcą.

W momencie wdrożenia systemu GM „PSI” w firmie działał już program magazynowy, jednak nie spełniał on oczekiwań zarządu firmy. Główne zarzuty stawiane poprzedniemu systemowi to:

- brak odpowiednich raportów;
- brak możliwości realizacji produkcji (zastąpienia surowców wyrobami gotowymi, przy automatycznym wygenerowaniu odpowiednich dokumentów przychodowym i rozchodowym);
- niedostateczna kontrola spójności danych – możliwość dowolnej ingerencji w dokumenty faktur i związane z nimi dokumenty KP oraz KW;
- nieodpowiedni serwis komputerowy – zbyt długi czas reakcji na zgłoszenie awarii;
- brak możliwości automatycznego przeniesienia danych do programu finansowo-księgowego.

Poszukiwanie systemu spełniającego powyższe wymagania zostało uwieńczone sukcesem. Po wstępnej prezentacji programu „PSI” stwierdzono, że spełnia on wszystkie stawiane przed nim wymagania. Zarząd przedsiębiorstwa zdecydował się na wdrożenie nowego programu GM.

1. Wdrożenie zostało rozpoczęte od ustalenia szczegółowych wymagań zarządu „Armel” w stosunku do programu „PSI”.
2. Ponieważ wszystkie wymagane elementy zostały już wcześniej oprogramowane (były standardowe) prace programistów ograniczyły się do wygenerowania wersji programu złożonej z odpowiednich, zgodnych z oczekiwaniami klienta, modułów.
3. Kolejnym krokiem wdrożenia było przeniesienie danych kontrahentów do nowego programu. Ponieważ stary i nowy system pracowały na bazach danych w formacie dBase, przepisanie danych odbyło się przy użyciu programu napisanego przez wdrożeniowca w języku Clipper. Aby uzyskać zgodność stanów magazynowych, została przeprowadzona dostawa inwentaryzacyjna, wprowadzająca na magazyn wszystkie towary, zgodnie z ich stanami magazynowymi w poprzednim systemie.
4. Sprzęt komputerowy działający w firmie okazał się wystarczający do pracy z nowym programem GM – zaoszczędzono więc część kosztów związanych z zakupem nowych komputerów i urządzeń peryferyjnych.

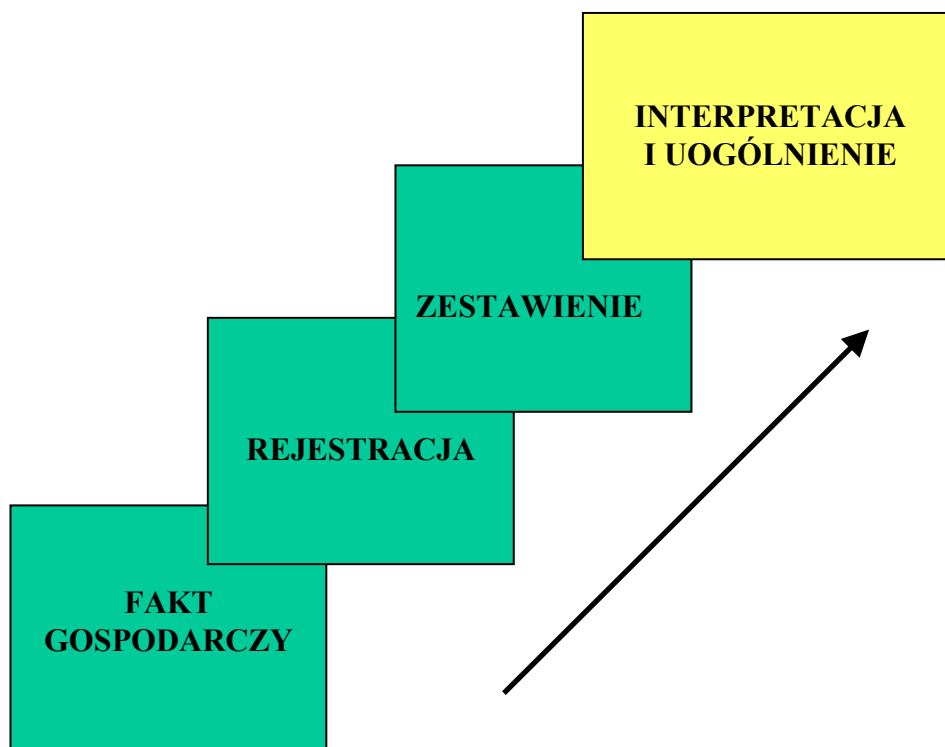
5. Ustawienie parametrów systemu operacyjnego, stanowiące kolejny etap wdrożenia, ograniczało się do zmiany plików *config.sys* i *autoexec.bat* i dopisania w nich poleceń związanych z maksymalną liczbą otwartych plików, katalogiem tymczasowym i ścieżkami dostępu do plików.
6. Następnie została zainstalowana wersja próbna programu wraz z przeprowadzeniem gruntownego szkolenia. W trakcie próbnego użytkowania programu stwierdzono, że program spełnia stawiane przed nim wymagania w stopniu dostatecznym i można rozpocząć na nim pracę.
7. Kolejnym etapem było zainstalowanie wersji ostatecznej i rozpoczęcie pracy z programem pod kontrolą wdrożeniowca, obecnego w trakcie pierwszego dnia pracy systemu.
8. Ostatnim etapem wdrożenia programu było wyjaśnienie wątpliwości jakie pojawiły się w trakcie pierwszych kilku tygodni użytkowania systemu. Po tych czynnościach został podpisany przez zarząd przedsiębiorstwa „Armel” dokument, stwierdzający zakończenie wdrożenia.

Całkowity czas wdrożenia programu (licząc od pierwszej prezentacji programu do podpisania dokumentu o zakończeniu wdrożenia) wyniósł około 2 miesięcy. W późniejszym okresie był wielokrotnie unowocześniany i dostosowywany do zmieniającej się sytuacji, np.: zostały stworzone nowe wirtualne magazyny i możliwość przeprowadzenia płatności w kilku bankach. Ponadto na zamówienie przedsiębiorstwa dopisane zostały dodatkowe raporty, umożliwiające szczegółową analizę sprzedaży.

1.6. Perspektywy rozwoju

Programy GM realizują pośrednie etapy przetwarzania informacji (Rysunek 1.6). Należy się spodziewać, że w najbliższym czasie coraz częściej będą pojawiały się próby implementacji ostatniego szczebla przetwarzania informacji, jakim jest interpretacja i uogólnienie (Penc, 1995). Do tego celu zostanie najprawdopodobniej wykorzystana architektura systemów wspomagania decyzji (DSS - *Decision Support System*). Wszelkiego rodzaju techniki analizy wielokryterialnej, jakiej brak obecnie w systemach magazynowych, również powinny znaleźć zastosowanie w tego typu systemach. Modele symulacyjne zawarte

w DSS stosowane między innymi do prognozowania popytu stanowią obecnie coraz częściej spotykany obiekt badań. Integracja programu GM z systemem DSS i wykorzystaniem baz danych dokumentów magazynowych w modelach symulacyjnych, wydaje się być jednym z bardziej obiecujących kierunków badań.



Rysunek 1.6 Etapy przetwarzania informacji

Inną ścieżką rozwoju programów GM, jest włączenie ich do zintegrowanych systemów informacyjnych zawierających również moduły finansowo-księgowo, kadrowo-płacowe, analityczne.

W ostatnim okresie niezwykłą popularność zyskały hurtownie danych. Wydaje się, że bazy danych programu GM przy wykorzystaniu technologii OLAP (*On-line Analytical Processing*) mogą stanowić jedno z podstawowych źródeł informacji hurtowni danych. Wielowymiarowe bazy hurtowni danych, o rozmiarach liczonych w dziesiątkach gigabajtów, stanowią jednak rozwiązania kosztowne, zarówno pod względem sprzętu komputerowego jak i oprogramowania, dlatego też są przeznaczone dla dużych i średnich przedsiębiorstw. W przypadku baz danych zawierających mniej niż 100 tysięcy rekordów wdrażanie tego typu

rozwiązań jest nawet niewskazane ze względu na niekorzystny stosunek poniesionych kosztów do uzyskanych korzyści.

W dobie dynamicznego rozwoju internetu, trudno nie wskazać jako jednego z kierunków rozwoju, integracji z globalnymi, ogólnosiwiatowymi bazami danych, w których mogą być magazynowane m.in. oferty od dostawców oraz zamówienia od klientów. Wielu firmom polskim, zwłaszcza z rynku IT (np. *Action*), udało się z powodzeniem wdrożyć moduły zamówień internetowych sprzężone z programami GM. Dzięki takim rozwiązaniom klienci danej firmy mogą złożyć zamówienia wykorzystując przeglądarkę internetową. W momencie złożenia zamówienia system blokuje określoną ilość towaru, równocześnie zmniejszając odpowiednie stany magazynowe. Następnie istnieje możliwość automatycznego wygenerowania faktury sprzedaży na podstawie złożonego zamówienia. W przyszłości faktura sprzedaży będzie zapewne przesyłana pocztą elektroniczną, w postaci zaszyfrowanej wiadomości. Takie innowacje wymagają jednak dodatkowych uregulowań prawnych, polegających na uprawomocnieniu faktury elektronicznej.

Przedstawiona analiza programów gospodarki magazynowej dotyczyła strony informatycznej i ekonomicznej tych programów. Powyższą próbę usystematyzowania wiedzy na temat programów GM należy traktować jako wstępny etap prac nad tymi problemami. Dalsze prace mogą obejmować np.: dokładniejszą analizę architektury systemu informacyjnego lub szersze spojrzenie na tworzenie raportów opartych na bazie danych dokumentów GM.

Analiza polskich programów GM wykazała, że stanowią one zaawansowane rozwiązania informatyczne. Jednakże nie spełniają one wszystkich oczekiwań ich użytkowników. Ich słabe strony, to brak raportów wielokryterialnych agregujących pojedyncze zestawienia w jedną wartość. Żaden z analizowanych programów (i jak się wydaje żaden z dostępnych na rynku) nie posiada możliwości symulacji obrotów magazynowych. Należy się jednak spodziewać, że w niedalekiej przyszłości również i te elementy będą obecne w tych systemach. Rynek programów GM w Polsce rozwija się dynamicznie. Patrząc na ewolucję polskich systemów GM można stwierdzić, że znajdują się one na drugim etapie rozwoju – pierwszym było wypełnienie luki jaka powstała na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych w oprogramowaniu dla firm, gdy rozpoczęła się intensywna

informatyzacja małych i średnich przedsiębiorstw. Zadaniem krajowych firm programistycznych było wtedy dostarczenie systemów dostosowanych do polskich warunków ekonomiczno-prawnych. Obecnie programy GM znajdują się na etapie doskonalenia i dopasowywania do szerokich wymagań klientów. Trzecim etapem rozwoju programów GM będzie zapewne wykorzystanie technik sztucznej inteligencji w celu wspomaganie wszystkich czynności realizowanych przez program, poczynając od wystawiania dokumentu sprzedaży a kończąc na realizacji zaawansowanych analiz.

Przedstawiona metodologia porównania programów GM może stanowić pomoc zarówno dla nabywcy programu, jak i firm programistycznych tworzących oprogramowanie dla małych i średnich przedsiębiorstw. Należy jednak pamiętać, że jest to próba zebrania i uogólnienia najistotniejszych cech programów GM nie uwzględniająca specyfiki poszczególnych przedsiębiorstw.

Jak wcześniej wspomniano rynek programów GM rozwija się w Polsce bardzo dynamicznie, jednak powoli zaczyna się nasycać. Dlatego też jakość oprogramowania przestaje być czynnikiem decydującym w konkurowaniu o zdobywanie nowych klientów. Staje się nim natomiast jakość serwisu oferowanego zarówno przez firmy tworzące oprogramowanie, jak i firmy partnerskie (współpracujące z konkretną firmą programistyczną), zajmujące się wyłącznie serwisem. W przyszłości należy się spodziewać rozwoju firm świadczących informatyczne usługi serwisowe. Poziom tych usług zapewne będzie się stawał coraz bardziej profesjonalny i nastawiony na zadowolenie klienta.

2. Systemy wspomaganie decyzji

Problematyka systemów wspomaganie decyzji dotyczy dwóch nurtów badawczych: zagadnień związanych z podejmowaniem decyzji oraz implementacji tych systemów w środowisku informatycznym. W pierwszym podrozdziale przedstawiono ogólne ramy wiedzy na temat analizy decyzyjnej, modeli decyzyjnych, a także zawarto klasyfikację problemów decyzyjnych. W ostatniej części pierwszego podrozdziału opisano podstawowe zagadnienia dotyczące analizy wielokryterialnej. Drugi podrozdział przedstawia zarys obecnego stanu wiedzy na temat systemów wspomaganie decyzji, ze szczególnym uwzględnieniem cech charakterystycznych DSS oraz ich klasyfikacji i architektury.

2.1. Podejmowanie decyzji

Każdego dnia, w każdej sekundzie człowiek podejmuje decyzje. Od najprostszych – takich jak decyzja czy ominąć kałużę z prawej, lewej strony czy też przeskoczyć, po decyzje bardziej skomplikowane, wymagające ogromnej wiedzy i doświadczenia, od których zależy powodzenie, bądź upadek korporacji. Człowiek obdarzony wolną wolą może wybierać i kierować swoim życiem. Podobnie menedżer dokonując wyboru, decyduje o przyszłości przedsiębiorstwa. W podejmowaniu decyzji pomaga mu intuicja i doświadczenie. Metody wspomaganie decydenta bazują na rozwijanej od kilku dziesięcioleci przez naukowców teorii. W tym rozdziale przedstawiono jej ogólny zarys, dotyczący systemów wspomaganie decyzji.

2.1.1. Podstawowe pojęcia

Istnieją dwa zasadnicze podejścia do opisu procesu podejmowania decyzji: normatywne i deklaratywne. W podejściu normatywnym, pytanie jakie zadają sobie ekonomiści brzmi: jak ludzie powinni podejmować decyzje w różnych sytuacjach, jeżeli zakładamy, że postępują racjonalnie; w podejściu deskryptywnym pytanie brzmi inaczej: jak rzeczywiście ludzie podejmują decyzje w różnych sytuacjach (Srinivasan i inni, 2000). Podejście normatywne do podejmowania decyzji może być lepiej sformalizowane i to ono stanowi trzon badań nad systemami wspomaganie decyzji. Podejście deklaratywne ujmuje wszystkie szczegóły i realia

sytuacji decyzyjnej a także całą złożoność osoby ludzkiej. Stanowi ono ciekawe studium badawcze, jednak jest trudne do zaimplementowania w postaci programu komputerowego. Jednym z kierunków badań nad podejściem deklaratywnym jest zastosowanie technik sztucznej inteligencji, i zrozumienie procesu decyzyjnego przez naśladowanie procesów myślowych człowieka. Alternatywę stanowią badania Richarda Penrose (2000), który uważa, że mechanizmy funkcjonowania umysłu człowieka różnią się od tych, na których oparte jest funkcjonowanie współczesnego komputera. Według Penrose'a twórcze myślenie wymaga rozumienia całości rozważanej sytuacji; szczegółowa analiza jej poszczególnych elementów nie wystarcza. Twierdzi on, że procesy myślenia zachodzące w mózgu mogą być zrozumiane jedynie na gruncie mechaniki kwantowej, dlatego też skonstruowanie sztucznej inteligencji jest wykluczone (Mrówczyński, 2001).

W podejściu normatywnym spotyka się trzy postulaty:

1. Postulat rzeczywistości pierwszego rzędu: podstawowe aspekty rzeczywistości (preferencje danej osoby, konsekwencje wyboru jakiegoś wariantu), na których opiera się wspomaganie decyzji odnoszą się do obiektów opisanych przez dane, dostatecznie stabilne w czasie, aby można mówić o dokładnym stanie lub dokładnej wartości tych ich charakterystyk, które ocenia się jako istotne dla danej sytuacji decyzyjnej.
2. Postulat decydenta: każda decyzja jest dziełem jednego decydenta: uczestnika procesu decyzyjnego dobrze zidentyfikowanego, mającego pełnię władzy, działającego zgodnie z systemem racjonalnych preferencji w sensie pewnego zbioru aksjomatów wykluczających dwuznaczność i nieporównywalność, których porównywanie decyzji nie zamierza zmieniać.
3. Postulat optimum: w każdej sytuacji decyzyjnej istnieje co najmniej jedna decyzja optymalna, co do której można (pod warunkiem dysponowania odpowiednim czasem i środkami) obiektywnie ustalić, że nie istnieje inna lepsza decyzja, zachowując przy tym neutralność wobec procesu decyzyjnego (Roy, 1990).

2.1.1.1. Pięć składników sytuacji decyzyjnej

Alexis i Wilson wyróżnili pięć składników sytuacji decyzyjnej: cele, możliwe warianty decyzyjne, proces wartościowania rozwiązań (wariantów decyzyjnych), środowisko decyzyjne i decydentów (Alexis i inni, 1967 za Power, 2000). Analityk, który będzie projektował system wspomaganie decyzji, w pierwszej kolejności musi przeanalizować cele,

dowiedzieć się kto je wyznacza oraz w jaki sposób będzie przeprowadzana weryfikacja osiągnięcia danego celu. Jako możliwe rozwiązania, czy też innymi słowy, możliwe alternatywy decyzyjne, należy rozpatrzyć te decyzje, które są realizowalne. Proces wartościowania rozwiązań polega najczęściej na posortowaniu możliwych rozwiązań od najmniej korzystnego do najlepszego. Oczywiście nie zawsze takie uporządkowanie jest możliwe (problem porównywalności wariantów decyzyjnych). Wartościowanie może być obiektywne lub subiektywne. Istnieje wiele metod porównywania sytuacji decyzyjnych, a przykładową metodę przedstawiono poniżej.

Tabela 2.1 Modelowanie czterech podstawowych sytuacji preferencyjnych przy porównywaniu dwóch wariantów decyzyjnych

Sytuacja	Definicja	Relacja binarna
Równoważność	Odpowiada istnieniu wyraźnych przesłanek uzasadniających równoważność dwóch wariantów.	I – relacja symetryczna zwrotna
Silna preferencja	Odpowiada istnieniu wyraźnych przesłanek, uzasadniających znaczącą preferencję jednego z dwóch wariantów.	P – relacja asymetryczna (przeciwzwrotna)
Słaba preferencja	Odpowiada istnieniu wyraźnych przesłanek, które osłabiają silną preferencję jednego z dwóch wariantów, przy czym przesłanki te są niewystarczające, by na ich podstawie wnioskować o równoważności albo silnej preferencji drugiego wariantu.	Q – relacja asymetryczna (przeciwzwrotna)
Nieporównywalność	Odpowiada brakowi wyraźnych przesłanek uzasadniających jedną z poprzednich trzech sytuacji.	R – relacja symetryczna (przeciwzwrotna)

Aby porównać dwa warianty decyzyjne a i b uczestnik Z musi wybrać jedną z czterech możliwych sytuacji podstawowych:

- sytuacja równoważności, odpowiadająca jednej możliwości: a i b są równoważne;
- sytuacja silnej preferencji, odpowiadająca jednej z dwóch możliwości: a silnie preferowane nad b lub b silnie preferowane nad a ;
- sytuacja słabej preferencji, odpowiadająca jednej z dwóch możliwości: a słabo preferowane nad b lub b słabo preferowane nad a ;

- sytuacja nieporównywalności, odpowiadająca jednej możliwości: a i b są nieporównywalne.

W przypadku gdy mamy do czynienia z większą liczbą możliwych wariantów decyzyjnych, należy posortować je tworząc porządek liniowy.

Aksjomat o ograniczonej porównywalności

Cztery wykluczające się wzajemnie sytuacje podstawowe: równoważność, silna preferencja, słaba preferencja i nieporównywalność (zdefiniowane w Tabeli 2.1) wystarczają do określenia realnej prezentacji preferencji uczestnika Z .

W klasycznej teorii relacji nie pojawiają się relacje nieporównywalności i słabej preferencji. Wprowadzenie relacji nieporównywalności jest szczególnie istotne przy uwzględnieniu wielokryterialności.

Relacja słabej preferencji oznacza, że analityk jest skłonny stwierdzić, że nie zachodzi relacja silnej preferencji, a więc waha się on pomiędzy relacją równoważności i relacją silnej preferencji. Przy pośredniej sytuacji między I i P wprowadza się niekiedy kwantyfikację w celu oceny względnej odległości od sytuacji ekstremalnych i można ją interpretować jako liczbę rozmytą (wskaźnik wiarygodności stwierdzenia).

Następnym, po wartościowaniu możliwych wariantów decyzyjnych, elementem sytuacji decyzyjnej jest środowisko decyzyjne. Robert Duncan (1974) podzielił je na dwa elementy: środowisko decyzyjne zewnętrzne i wewnętrzne. Wewnętrzne czynniki to:

- a) ludzie – ich cele, doświadczenie, zdolności i powiązania;
- b) elementy funkcjonalne (*functional units*) – charakterystyki technologiczne, zależności pomiędzy poszczególnymi elementami funkcjonalnymi (konflikty, niezależność);
- c) elementy organizacyjne – cele, procesy i procedury, natura produktu.

Wśród czynników zewnętrznych środowiska, mających wpływ na decyzje, można wyróżnić: klientów, kontrahentów, konkurencję oraz uwarunkowania socjo-polityczne i technologiczne. Podczas projektowania systemu wspomaganie decyzji wszystkie wyżej wymienione czynniki powinny być brane pod uwagę, co nie oznacza, że wszystkie zostaną w systemie ujęte.

Ostatnim z elementów sytuacji decyzyjnej jest decydent. Nie zawsze istnieje możliwość wyszczególnienia konkretnej osoby odpowiedzialnej za podjęcie decyzji, dlatego też istotniejsze jest określenie zakresu (*scope*) decyzji. Zakres decyzji określa kto decyduje, na

jakim szczeblu kierownictwa odbywa się podejmowanie decyzji oraz co decyzja spowoduje. Przyjmuje się, że im szerszy zakres podejmowanej decyzji, tym wyższy szczebel kierowniczy będzie zaangażowany w jej podjęcie.

2.1.1.2. Modele decyzyjne

Nawiązując do teorii optymalizacji można zauważyć, że cechą charakterystyczną każdego zadania optymalizacji jest występowanie pewnego niepustego zbioru X , zwanego zbiorem rozwiązań dopuszczalnych. W praktycznym zastosowaniu jest to zbiór dopuszczalnych decyzji, który w formalnym zapisie może się wyrażać w postaci zbioru odpowiednich macierzy decyzyjnych, wektorów, czy też funkcji mających odpowiednią interpretację. Następną cechą charakterystyczną zadania optymalizacji jest występowanie tzw. funkcji użyteczności (wskaźnika jakości) (Ameljańczyk, 1984).

W teorii podejmowania decyzji zdefiniowano przykładowe matematyczne modele decyzyjne. Każdy taki model składa się z dwóch podstawowych elementów, tj. warunków ograniczających i funkcji kryterium. Podstawowa zależność w każdym modelu decyzyjnym tego rodzaju ma postać (Ackoff, 1969):

$$V_i = f(x_i, a_{ij})$$

i – numer decyzji możliwej do podjęcia;

V_i – miara efektywności podjętej decyzji;

x_i – zmienne decyzyjne określające możliwe warianty wyboru;

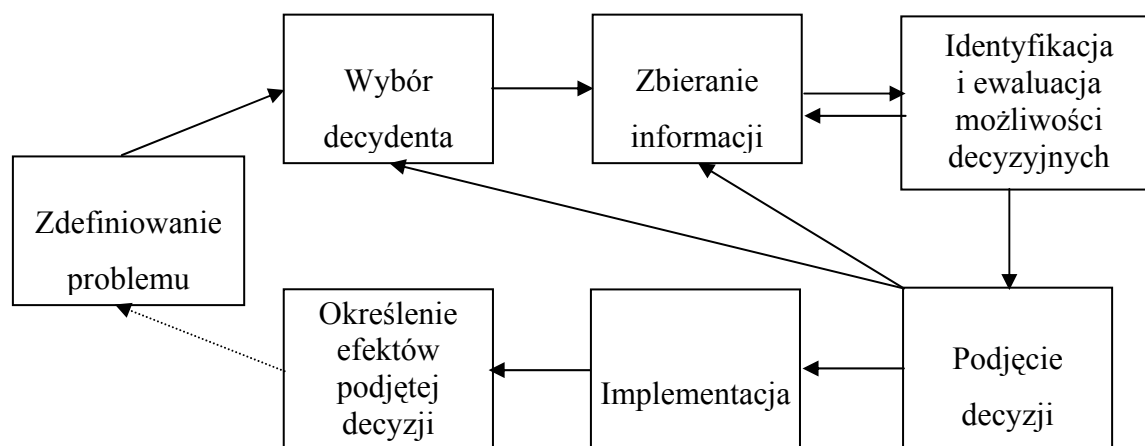
a_{ij} – parametry modelu, tj. czynniki mające wpływ na działanie, lecz nie podlegające sterowaniu przez decydenta.

Często w literaturze jako elementy modelu decyzyjnego wymienia się: miarę efektywności podjętej decyzji, możliwe do podjęcia decyzje oraz miarę niepewności wpływu zmiennych decyzyjnych na uzyskane po podjęciu decyzji efekty (Druzdziel i inni, 2000). W tego typu modelach stosowanych do problemów decyzyjnych słabo i źle ustrukturalizowanych stosuje się modele probabilistyczne, których reprezentacją są grafy skierowane zwane sieciami Bayesa (*Bayesian Networks*).

2.1.1.3. Proces decyzyjny

Herbert Simon wyróżnił 3 etapy procesu decyzyjnego: 1) poszukiwanie okazji do podjęcia decyzji oraz zakończone zdefiniowaniem problemu decyzyjnego, 2) projektowanie – poszukiwanie, analiza możliwych rozwiązań, 3) dokonanie wyboru. Niektórzy autorzy dodają jeszcze czwarty etap – implementację. Każdy z tych etapów może być wspomagany przez DSS. Należy podkreślić, że podejmowanie decyzji to proces, a nie tylko moment podjęcia decyzji i każdy z etapów tego procesu jest istotny (Simon, 1965 za Power, 2000).

Model procesu decyzyjnego przedstawia Rysunek 2.1. Pierwszym z modułów tego modelu jest zdefiniowanie problemu, określane przez wielu specjalistów jako najważniejszy element procesu decyzyjnego. Kolejnym modułem jest określenie decydenta. Może nim być decydent autokratyczny, który sam zadecyduje na podstawie posiadanej wiedzy lub decydent, który podejmie decyzję po konsultacji z innymi osobami. Decyzja może być również podejmowana przez grupę decydentów. Zbieranie informacji na temat czynników mających wpływ na daną sytuację decyzyjną jest kolejnym istotnym krokiem. Bez tego elementu decyzja może zostać podjęta tylko z wykorzystaniem intuicji lub losowo. Gromadzenie informacji związane jest z konkretnym kosztem, który powinien być skalkulowany z korzyściami, jakie mogą wynikać ze zdobycia dodatkowych informacji. Na tym etapie szczególnie przydatne jest wykorzystanie systemów wspomaganie decyzji. Identyfikacja i ewaluacja możliwości decyzyjnych to najbardziej twórczy element procesu decyzyjnego. Wykorzystuje się tu techniki twórczego myślenia takie jak: burza mózgów, techniki synektyczne, metoda delficka itp. W pierwszej kolejności należy zebrać możliwe do podjęcia decyzje, a następnie wybrać z tego zbioru możliwości decyzyjne warte przeprowadzenia głębszej analizy. Kolejny krok - podjęcie decyzji - może być również zdecydowaniem o braku decyzji lub jej przesunięciu w czasie, ze względu np. na posiadanie niedostatecznej informacji. Decydent może również stwierdzić, że dana decyzja powinna zostać podjęta przez inną osobę (stąd strzałki powrotne na rysunku modelu). Decyzja jest momentem kulminacyjnym procesu decyzyjnego, jednak dopiero wdrożenie jej w życie – implementacja, wymaga konkretnych działań. Podczas określania efektów podjętej decyzji może się okazać, że pewne poprawki wprowadzonych akcji są konieczne. Oprócz tego dynamika zmian w organizacji wymaga podjęcia kolejnych działań i proces decyzyjny wymaga przeprowadzenia iteracyjnych powrotów aż do momentu, kiedy decydent będzie posiadał wystarczającą ilość informacji do podjęcia decyzji.



Rysunek 2.1. Ogólny model procesu decyzyjnego

2.1.2. Klasyfikacja decyzji i problemów decyzyjnych

Sytuacje decyzyjne dzielą się na: wieloatrybutowe (*multiple attribute*), wielocelowe (*multiple objective*), wielokryterialne (*multiple criteria*) oraz wielowymiarowe (*multiple dimensional*) (Ribeiro i inni, 1995). Wieloatrybutowe problemy decyzyjne odnoszą się do procesu wybierania ze zbioru alternatyw, które są opisane przez atrybuty, np. cena, prędkość samochodu. Wielocelowe problemy decyzyjne odnoszą do optymalnego lub suboptymalnego wyboru z kilku celów. Służą do tego wszelkiego rodzaju techniki wartościowania alternatyw. Do wybrania najkorzystniejszej alternatywy stosuje się zasadę maksymalizacji wartości oczekiwanej lub zasadę maksymalizacji użyteczności (Kajrunajtys, nr 474).

Zależnie od tego, jak postrzegamy proces decyzyjny, decyzje mogą być klasyfikowane w różnorodny sposób. Ważnymi kryteriami klasyfikacji decyzji mogą być (Nosal, 1993):

- rodzaje problemów – operacyjne, taktyczne, strategiczne;
- źródło powstawania – inicjowane przez jednostki nadrzędne, inicjowane przez kierownika i inicjowane przez pracowników;
- zakres posiadanych informacji – podejmowane w warunkach pewności, podejmowane w warunkach ryzyka i podejmowane w warunkach niepewności;

Przy podejmowaniu decyzji rozróżnia się sytuacje ryzyka i sytuacje niepewności. Pojęcie ryzyka opisuje sytuację, w której podmiot może przypisać prawdopodobieństwa możliwym do zaistnienia stanom. Niepewność natomiast, to sytuacja, w której podmiot

podejmujący decyzję nie jest w stanie takich prawdopodobieństw przypisać (Kajrunajtys, nr 474);

- czynności, których dotyczą – regulacyjne, sterujące, innowacyjne, badawcze, alokacyjne, wykonawcze, oceniające itd.;
- możliwości kwantyfikacji – możliwe do skwantyfikowania, trudne do skwantyfikowania i niemożliwe do skwantyfikowania;
- powiązane z funkcjami zarządzania – planistyczne, organizatorskie, koordynacyjne, rozkazodawcze, kontrolne, motywacyjne itp.;
- formy decydowania – indywidualne, kolegialne i kolektywne;
- dziedzinę działania przedsiębiorstwa – administracyjne, produkcyjne, marketingowe, transportowe, techniczne itp.;
- okres podejmowania – bieżące, krótkookresowe, średniookresowe, długookresowe i perspektywiczne;
- wagę rozwiązywanego problemu – kluczowe (zasadnicze), standardowe, marginalne;
- strukturę sytuacji decyzyjnej – programowane (podejmowane zgodnie ze zwyczajem lub ustalonymi zasadami) i nieprogramowane (podejmowane w sytuacjach nowych lub nadzwyczajnych i wymagających twórczego myślenia oraz racjonalnego rozważenia).

2.1.3. Analiza wielokryterialna

Zagadnienia dotyczące analizy wielokryterialnej odnosić się mogą do teorii podejmowania decyzji oraz teorii optymalizacji. Wymienione zagadnienia opisano szerzej w (Roy 1990; Ameljańczyk 1984; Van Veldhuizen 1999; Nosal 1993). Ponieważ są to dwa niezależne działy wiedzy, więc pojawia się pewien dualizm pojęciowy, gdyż każda z wymienionych teorii posiada charakterystyczną dla siebie bazę słownictwa i często to samo pojęcie jest definiowane na dwa sposoby.

Ze względu na liczbę kryteriów przy podejmowaniu decyzji, wyróżnić można dwa zasadnicze sposoby analizy danych:

- analizę jednokryterialną, w której każdy wariant oceniany jest względem jednego wybranego kryterium;
- analizę wielokryterialną, w której każdy wariant oceniany jest względem więcej niż jednego kryterium.

Zgodnie ze słownikiem (Słownik wyrazów obcych, 1971) *kryterium* oznacza „miernik służący za podstawę oceny”. W tym sensie używa się słowa kryterium w badaniach operacyjnych, teorii decyzji i ogólniej, przy wspomaganie podejmowania decyzji. Przy analizie sytuacji decyzyjnej, kryterium powinno umożliwić przede wszystkim ocenę preferencji w związku z procesem decyzyjnym. W takim znaczeniu słowo *kryterium* jest stosowane w tej pracy.

Jedną z metod postępowania w analizie wielokryterialnej jest stosowanie reguł decyzyjnych, które pozwalają na uzyskanie uporządkowania kolejności elementów w badanym zbiorze. Ważniejsze reguły decyzyjne przedstawia Tabela 2.2

Tabela 2.2 Ważniejsze reguły decyzyjne (Nosal, 1993)

Nazwa reguły	Kryterium wyboru wariantu
Reguła dominacji	Wybierz wariant W_i różny od W_j , jeżeli W_i jest korzystniejszy od W_j przynajmniej pod względem jednej cechy, a nie gorszy dla wszystkich pozostałych.
Reguła koniunkcyjna	Wybierz wariant W_i różny od W_j , w którym wszystkie oceniane cechy osiągają lub przekraczają założony krytyczny próg C .
Reguła dysjunkcyjna	Wybierz wariant W_i różny od W_j , w którym przynajmniej jedna spośród ocenianych cech osiąga lub przekracza założony krytyczny próg C .
Reguła leksyko-graficzna	Wybierz wariant W_i różny od W_j , jeżeli W_i jest korzystniejszy od W_j pod względem najważniejszej cechy. Powtarzaj tę procedurę, biorąc pod uwagę hierarchię ważności cech.
Reguła eliminacji	Odrzuć wszystkie te warianty, które na skalach ocen dla określonych cech nie osiągnęły progu krytycznego C . Powtarzaj tę procedurę, biorąc pod uwagę hierarchię ważności cech.
Reguła maksymalizacji	Wybierz wariant W_i różny od W_j , w ten sposób aby W_i przeważał nad W_j pod względem liczby korzystnych cech. Dla każdej pary wariantów dodaj liczby cech świadczące o przewadze określonych wariantów.
Reguła sumowania użyteczności	Wybierz wariant W_i różny od W_j , który osiągnął największą sumę ważoną użyteczności ocenianej dla wszystkich cech.

Alternatywą dla wymienionych reguł decyzyjnych, pozwalającą na dokonanie porównania wariantów decyzyjnych, jest zagregowanie kryteriów w jedno wykorzystując funkcję celu. Najczęściej stosowana funkcja celu (zwana również funkcją użyteczności lub funkcją agregacji) ma postać tzw. „sumy ważonej”:

$$F = \sum_i w_i \cdot K_i$$

gdzie:

F – funkcja użyteczności;

w_i – waga przypisana i -temu kryterium;

K_i – wartość i -tego kryterium.

Sposób agregacji do pojedynczego kryterium syntetycznego implikuje konieczność określenia wartości takich współczynników, jak:

- wagi;
- zakres zmienności wartości poszczególnych kryteriów potrzebny do dokonania normalizacji;
- inne parametry wchodzące w skład funkcji użyteczności.

Aby uzyskać lepszą porównywalność poszczególnych kryteriów, wskazane jest przeprowadzenie ich normalizacji. Normalizacja wymaga znajomości wartości ekstremalnych (minimum i maksimum) poszczególnych kryteriów. Szerzej opisano proces normalizacji oraz analizę wielokryterialną zaimplementowaną w pracy w rozdziale 3.2.

Na zakończenie przedstawionego zarysu teorii podejmowania decyzji należy zaznaczyć, że decyzja jest świadomym wyborem decydenta spośród możliwych sposobów postępowania. Jest zatem immanentną cechą działalności człowieka. Natomiast proces przygotowywania decyzji może być w znacznym stopniu usprawniony, racjonalizowany, a nawet zautomatyzowany dzięki rozwiązaniom technicznym (Radośniński, 2001).

2.2. Ogólna charakterystyka systemów wspomaganie decyzji (DSS)

2.2.1. Definicje

Istnieją różne definicje systemów wspomaganie decyzji (DSS – *Decision Support Systems*). Poniżej przytoczono wybór najbardziej reprezentatywnych charakterystyk DSS. Najczęściej spotykana w literaturze definicja określa DSS jako komputerowy system wspomagający podejmowanie decyzji w środowisku problemów decyzyjnych słaboustrukturalizowanych lub nieustrukturalizowanych.

Wyjaśnienia wymaga określenie strukturyzacji problemu. Zwykle problemy decyzyjne dzielimy na (Lucey, 1991 za Penc, 1995):

- dobrze ustrukturalizowane (*structured*), a więc takie, w których istotne zależności sformułowane są ilościowo i wyrażone w liczbach oraz symbolach;
- słabo ustrukturalizowane (*semi-structured*), mieszane, które zawierają zarówno elementy jakościowe, jak i ilościowe;
- nieustrukturalizowane (*unstructured*), wyrażone jakościowo, w których brak ilościowych współzależności między elementami.

Przytoczona definicja wydaje się być jednak niewystarczającą charakterystyką DSS. Aby lepiej określić czym jest DSS przytoczono przegląd innych definicji DSS spotykanych w literaturze:

Samson (1988) określił DSS jako narzędzie nie specyfikujące optymalnego rozwiązania, ale raczej starające się pomóc decydentowi w podjęciu właściwej decyzji. DSS zawiera aplikacje używane przez decydenta, które asystują przy lepszym zrozumieniu i podjęciu decyzji (Samson, 1988 za Gerson, 1992). Tak więc rola DSS sprowadzona została do generowania stochastycznych pomiarów i analizy danych.

Le Blanc (1989) zdefiniował DSS bardziej ogólnie, jako każdą aplikację komputerową lub grupę aplikacji, która może zostać użyta przez decydenta, w celu objaśnienia i analizowania możliwych do podjęcia decyzji opcji (Le Blanc i inni, 1989 za Gerson, 1992). W grupie DSS znalazłyby się takie aplikacje jak arkusze kalkulacyjne czy edytory tekstu. Rola DSS zostaje więc sprowadzona do każdej aplikacji, która pomaga decydentowi w

zidentyfikowaniu i rozwiązaniu problemu. Takie podejście wydaje się być zbyt ogólnym i nie odróżnia DSS od innych aplikacji komputerowych.

Moore i Chang określili DSS jako system przeznaczony do wspierania doraźnych analiz decyzyjnych z możliwością wykonywania studiów prognostycznych (Moore, Chang 1980 za Radosiński, 2001).

Ayati w 1987 roku zaprezentował jeden model użycia DSS. Decydent posiadający dostęp do bazy danych i wyciąga z tych danych odpowiednie informacje. DSS pomaga w tworzeniu najbardziej prawdopodobnych scenariuszy, korzystając z wiedzy zgromadzonej w bazach danych. Ayati zwrócił więc uwagę na możliwość komunikacji z bazą danych oraz możliwość uzyskania z niej informacji pomagających w podjęciu decyzji (Targalski, 1986 za Penc, 1995).

Edward Radosiński (2001) zdefiniował natomiast DSS jako program komputerowy wspierający menedżera w analitycznych fazach przygotowywania decyzji, tj. w zbieraniu danych, ich przeliczaniu, a przede wszystkim przy formułowaniu wariantów decyzji. Właśnie zdolność systemu do generowania propozycji działań decyzyjnych, wraz z predykcją skutków ich realizacji, czyli tzw. scenariuszy decyzyjnych, stanowi tę cechę funkcjonalną, która wyróżnia oprogramowanie typu DSS spośród analitycznych systemów informatycznych.

Należałoby się zastanowić jaka zachodzi relacja pomiędzy systemem wspomaganie decyzji a systemem ekspertowym (*eksperckim*). Jedno z podejść spotykanych w literaturze mówi, że zasadnicza różnica pomiędzy systemem wspomaganie decyzji DSS a systemem ekspertowym ES (*Expert System*), polega na tym, że DSS nie daje definitywnej propozycji decyzji, która jest optymalna lub zbliżona do optymalnej. Decydent musi sam podjąć decyzję na podstawie informacji i ewentualnych sugestii dostarczonych mu przez system (Lawler i inni, 1993). Częściej jednak traktuje się ES jako podklasę DSS, stąd też wynika, że system wspomaganie decyzji jest pojęciem ogólniejszym. Przy budowaniu systemu wspomaganie decyzji spotyka się dwa podejścia. Pierwsze mówi, że system przy wspomaganie podejmowania decyzji powinien naśladować człowieka-eksperta, analizując zgromadzone reguły i bazę wiedzy. Takie podejście ma swoje wady i zalety. Podstawową wadą jest możliwość wygenerowania nieprawidłowych rozwiązań. Do zalet można natomiast zaliczyć większą elastyczność oraz możliwość uczenia się. Do tej klasy systemów można zaliczyć systemy ekspertowe. Drugim podejściem - normatywnym jest zastosowanie tradycyjnych metod takich jak np. modele matematyczne. (Druzdzel i inni, 2000)

2.2.2. Zarys historii

Badania nad systemy wspomaganie decyzji wywodzą się z trzech niezależnych dyscyplin:

- nauk o bazach danych;
- nauk o zarządzaniu;
- nauk kognitywnych (kognitywistyk), zajmujących się behawioralnym podejmowaniem decyzji.

Historia systemów wspomaganie decyzji zaczyna się od teoretycznych prac nad podejmowaniem decyzji w organizacji, jakie prowadzili na przełomie lat 50 i 60 XX wieku Herbert Simon i Allen Newell. Równolegle, od początku lat 60, były prowadzone prace nad interaktywnymi systemami komputerowymi. Prekursorem w tych badaniach był między innymi Tom Gerrity. W 1971 roku Michael Scott Morton obronił swoją pracę doktorską pt.: „*Management Decision Systems: Computer-Based Support for Decision Making*” („Decyzyjne systemy w zarządzaniu: komputerowo wspomagane podejmowanie decyzji”), w której skupił się nad tym, w jaki sposób komputer może wspomagać menedżera w podejmowaniu decyzji. Prace Scotta Mortona były pionierskimi implementacjami DSS, który posiadał wbudowane modele (*model-based DSS*) (Power, 2000). W tym samym roku Gerrity opublikował artykuł „*The Design of Man-Machine Decision Systems: An Application to Portfolio Management*” („Projektowanie systemów decyzyjnych typu „człowiek-maszyna” i zastosowanie ich do analizy portfola”), zawierający informacje na temat projektowania DSS. Przedstawił w nim projekt systemu wspomagającego menedżera podejmującego decyzje inwestycyjne dotyczące portfela akcji. W 1974 roku Gordon Davis z University of Minnesota opublikował pracę pt. „*Management Information Systems: Conceptual Foundations, Structure, and Development*.” (Informatyczne Systemy Zarządzania: podstawy koncepcyjne, struktura i rozwój”). Zawarł w niej propozycję kierunków rozwoju badań nad DSS. Dwunasty oraz trzynasty rozdział książki zatytułowane: „*Information System Support for Decision Making*” („Wspomaganie podejmowania decyzji przy pomocy systemów informacyjnych”), „*Information System Support for Planning and Control*” („Wspomaganie planowania i kontroli z wykorzystaniem systemów informacyjnych”) stały się podwalinami badań nad praktycznym zastosowaniem DSS.

Równolegle we Francji prowadzono badania pod hasłem SIAD (*Systèmes Interactif d'Aide à la Décision*), co stanowi odpowiednik DSS. Prace prowadzili profesorowie szkoły biznesu HEC w ramach projektu SCARABEE w latach 1969-1974. W 1975 roku J. Little

zakończył prace nad systemem wspomaganie decyzji „*Brandaid*”. Zadaniem systemu było wspomaganie podejmowania decyzji dotyczących promocji produktu oraz ustalaniu jego ceny. W artykule „*Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus*” („Modele i menedżerowie: koncepcja arytmetyki decyzyjnej”) zidentyfikował kryteria jakie należy brać pod uwagę przy projektowaniu modeli DS (*decision support models*): odporność (*robustness*), łatwość kontroli, prostota obsługi i kompletność (*completeness of relevant detail*). W 1978 roku Peter Keen i Michael Scott opublikowali książkę „*Decision Support Systems: An Organizational Perspective*” („Systemy wspomaganie decyzji: perspektywa organizacyjna”). Książka ta jest obszernym opisem dotyczącym analizy, projektowania, implementacji oraz oceny systemów wspomaganie decyzji. Rok później John Rockart opublikował przełomowy artykuł, który ukazał się w *Harvard Business Review* i wprowadzał zarys systemu wspomaganie decyzji przeznaczonego dla prezesów i dyrektorów, a więc decydentów najwyższego szczebla. W pracy tej zastanawiał się, w jaki sposób spośród ogromnej ilości informacji, znajdującej się w raportach przedstawionych dyrektorowi przedsiębiorstwa, wyciągnąć te najistotniejsze, pozwalające na podjęcie właściwej decyzji. Były to pierwsze próby określenia zakresu działania *executive information systems* (EISs) oraz *executive support systems* (ESS) (Rockart, 1979). W swojej późniejszej pracy, opublikowanej wraz z Michaeliem E. Treacy, John Rockart zdefiniował pojęcie EIS. Do zadań EIS należy między innymi informowanie dyrektora o obecnym stanie przedsiębiorstwa, w tym realizowanych przedsięwzięciach. Powinien on także służyć jako narzędzie analityczne, wykorzystujące dostępne bazy danych (Rockart i inni, 1982).

W roku 80 została opublikowana praca doktorska Stevena Altera w książce pod tytułem: „*Decision Support Systems: Current Practise and Continuing Challenge*” (Systemy wspomaganie decyzji: obecne doświadczenia i perspektywy rozwoju”), w której zawarte były badania na temat procesu zarządzania DSS. Rok później Bonczek, Holsapple i Whiston w książce pt.: „*Foundations of Decision Support Systems*” („Podstawy systemów wspomaganie decyzji”) stworzyli podwaliny wiedzy na temat projektowania DSS. Wyróżnili w niej cztery moduły, wspólne dla wszystkich DSS:

1. język systemu (*Language System*) - wszystkie komunikaty jakie DSS akceptuje;
2. system prezentacji (*Presentation System*) – wszystkie komunikaty jakie system może generować;
3. system wiedzy (*Knowledge System*) – całość wiedzy jaką system zgromadził;
4. system przetwarzania problemu (*Problem-Processing System*) – jądro oprogramowania odpowiedzialne za rozpoznanie i wskazanie rozwiązania problemu. Architektura DSS

zaproponowana przez Bonczka, Holsappla i Whistona stanowi podejście funkcjonalne (por. Rysunek 2.3, str. 69).

Na początku lat 80 Ralph Sprague i Eric Carlson zakończyli pisanie książki pt.: „*Building Effective Decision Support Systems*” („Budowa efektywnych systemów wspomaganie decyzji”), określanej jako kamień milowy w badaniach nad DSS. Zawarli w niej praktyczne wskazówki dla organizacji, wskazujące jak i dlaczego powinny one budować systemy wspomaganie decyzji.

W późniejszych latach DSS, nastawione na jednego użytkownika, zaczęły ewoluować w kierunku GDSS (*Group Decision Support Systems*), których zasadniczą cechą jest łączenie systemu wspomaganie decyzji z technikami pracy grupowej (Power, 2000).

Na początku lat 90 hurtownie danych (*data-warehousing*), techniki OLAP (*On-line Analytical Processing*) oraz techniki zaawansowanej eksploracji danych (*Data-Mining*) zaczęły poszerzać dziedzinę DSS. Obecnie w czasie dominacji internetu, DSS ewoluują w kierunku systemów wspomaganie decyzji opartych na metodologii pracy z wykorzystaniem WWW (*Web-based DSS*). Jak można się spodziewać, w przyszłości każdy system wspomaganie decyzji będzie w pełni zintegrowany z intranetową lub extranetową siecią przedsiębiorstwa. Niestety polskie przedsiębiorstwa, przy obecnej słabo rozwiniętej infrastrukturze telekomunikacyjnej, długo jeszcze będą musiały czekać na możliwość wdrożenia globalnych rozwiązań, opartych na sieci internet.

Przyszły kierunek rozwoju stanowią również DSS zintegrowane z technikami sztucznej inteligencji takimi jak sieci neuronowe czy algorytmy genetyczne. Pojawił się również nowy trend, którego głównym założeniem jest to, że system powinien przystosowywać się w trakcie pracy z użytkownikiem do jego oczekiwań i możliwości. Tego typu systemy mogą zawierać w sobie elementy sztucznej inteligencji, pozwalające systemowi na uczenie się. Zalicza się je do klasy adaptacyjnych DSS (*Adaptive DSS*) (Ta-Tao Chuang, TX 79409).

2.2.3. Klasyfikacja

Jedną z bardziej znanych w literaturze klasyfikacji DSS jest taksonomia Altera (Power, 2000). Podzielił on DSS ze względu na stopień w jakim wygenerowana odpowiedź może wspomóc decydenta w podjęciu decyzji i wyróżnił on siedem typów DSS:

- *File drawer systems* pozwalają na dostęp do danych i proste zapytania. Można do tej klasy zaliczyć np. systemy czasu rzeczywistego, generujące zamówienia na podstawie informacji o stanach magazynowych;
- *Data analysis systems* (systemy analizy danych) pozwalające na bardziej zaawansowaną analizę danych, dzięki zastosowaniu narzędzi wyspecjalizowanych dla konkretnych dziedzin problemowych, np. analiza budżetu, analiza możliwości inwestycyjnych. Większość hurtowni danych mogłaby zostać zaklasyfikowana do tej kategorii.
- *Analysis information systems* (analityczne systemy informacyjne) posiadają możliwości dostępu do zorientowanych na wspomaganie decyzji baz danych (*decision-oriented databases*) oraz mają wbudowane niewielkie modele. Jako przykłady Alter podaje systemy prognozowania sprzedaży oparte na marketingowych bazach danych. Do tej kategorii można zakwalifikować systemy oparte na technikach OLAP.
- *Accounting and financial models* (modele obliczeniowe i finansowe) potrafią przewidzieć możliwe konsekwencje podjętych działań. Jako przykład można podać system szacujący opłacalność wprowadzenia na rynek nowego produktu. Systemy zawarte w tej kategorii potrafią więc przeprowadzać analizę „*what-if*” („co-jeśli”).
- *Representational models* (modele reprezentatywne) potrafią określić konsekwencje podjętych decyzji, na podstawie wyników jakie dają zawarte w systemie modele symulacyjne. Jako przykłady można podać systemy zawierające model odpowiedzi rynku, analizy ryzyka.
- *Optimization models* (modele optymalizacyjne) wspomagają podjęcie decyzji przez wygenerowanie optymalnego rozwiązania na podstawie podanych ograniczeń. Przykładami mogą być systemy harmonogramowania, alokacji zasobów, optymalizacji zużycia materiałów.
- *Suggestion models* (modele „sugerujące”) pozwalają na proces logicznego generowania rozwiązania dobrze zdefiniowanego zadania.

Przedstawiony podział DSS odzwierciedla równocześnie rozwój ewolucyjny tych systemów: poczynając od prostych systemów informacyjnych, a kończąc na zaawansowanych systemach wspomagających podejmowanie decyzji nie tylko przez podanie sugerowanych wyników ale również przez przedstawienie ścieżki rozumowania.

Holsapple i Whinston zaproponowali podział DSS, który dotyczy dziedzin zastosowań systemów. Wyszczególnili oni DSS zorientowane na:

- teksty (*Text-Oriented DSS*) – tego typu systemy wspomagają tworzenie dokumentów, przeszukiwanie tekstów np. hypertextowych linków.
- bazy danych (*Database-Oriented DSS*);
- arkusze kalkulacyjne (*Spreadsheet-Oriented DSS*);
- rozwiązywanie problemów (*Solver-Oriented DSS*) – system zawierający ogólny algorytm, który może być przystosowany do rozwiązywania problemów znajdujących się w określonej dziedzinie.
- bazy reguł (*Rule-Oriented DSS*) (Holsapple, Whinston, 1996 za Power, 2000).

Inny podział zaproponowali Donovan i Madnick. Podzielili oni DSS na rutynowe oraz systemy ad hoc. Rutynowy (*institutional*) DSS pozwala na wspieranie podejmowania decyzji w sytuacjach powtarzających się. System ad hoc pozwala na rozwiązywanie problemów, które wcześniej się nie pojawiły (Donovan, Madnick, 1977 za Power, 2000).

Hatckathorn i Keen podzieliли DSS ze względu na liczbę użytkowników korzystających z systemu. Wyróżnili oni:

- osobiste DSS (*Personal DSS*);
- DSS przeznaczone do pracy grupowej (*Group DSS*);
- DSS przeznaczone dla organizacji (*Organizational DSS*) (Hatckathorn, Keen 1981, za Power 2000).

Turban i Aronson podzieliли DSS na te, które są przeznaczone dla konkretnych zadań lub organizacji oraz te, które można zaadaptować w różnych środowiskach, charakteryzujące się dużym stopniem parametryzacji (Turban, Aronson 1998 za Power, 2000).

D.J.Power (2000) zaproponował dwuwymiarowe podejście do typologii DSS. Wyróżnił pięć klas DSS, podzielonych ze względu na dominujący w systemie moduł oraz wprowadził dodatkowe trzy elementy podziału DSS .

Ze względu na kluczowy element w danym systemie, możemy wyróżnić:

- DSS zorientowany na dane (*Data-Driven DSS*);
- DSS zorientowany na modele (*Model-Driven DSS*);
- DSS zorientowany na wiedzę (*Knowledge-Driven DSS*);
- DSS zorientowany na dokumenty (*Document-Driven DSS*);
- DSS zorientowany na komunikacje i pracę grupową (*Communication-Driven DSS and Group DSS*).

Do DSS zorientowanych na dane (*Data-Driven DSS*) Power zaliczył takie rodzaje systemów, jak: systemy raportujące, hurtownie danych, EIS, przestrzenne DSS (*Spatial DSS*) używające technologii GIS (*Geographic Information Systems*) oraz DSS wykorzystujące technologię OLAP (*On-line Analytical Processing*). Podstawowym założeniem tego typu systemów jest wykorzystywanie dużych baz danych, możliwości ich przeszukiwania w celu wspomaganie podejmowania decyzji. Zakłada się, że system powinien umożliwiać użytkownikowi trzy zasadnicze rodzaje analizy: uogólniającą, pozwalającą na generalizację i zestawienie danych (*drill up*), uszczegóławiającą, dającą możliwość uzyskania szczegółowych informacji (*drill down*) oraz pozwalającą na zmianę punktu spojrzenia na dane.

DSS zorientowany na modele (*Model-Driven DSS*) wykorzystuje wbudowane modele np. finansowe lub optymalizacyjne i na nich opiera zasadniczo swoje możliwości wspomaganie podejmowania decyzji. W zależności od zastosowań, zaimplementowane modele mogą być dynamiczne (uwzględniające czynnik czasu) oraz statyczne. Podstawową zaletą wykorzystania wbudowanych modeli jest możliwość przeprowadzenia analizy scenariuszowej typu *what-if*, pozwalającej decydentowi na przeanalizowanie hipotetycznych skutków podjętych decyzji. Zastosowanie DSS opartego na modelach daje możliwość lepszego poznania dziedziny problemowej oraz wpływu zmiany poszczególnych zmiennych decyzyjnych na zachowanie się modelu.

DSS zorientowany na wiedzę (*Knowledge-Driven DSS*), nakierowany jest na możliwość rozwiązywania problemów z wykorzystaniem zgromadzonej w systemie wiedzy. Widać tu wyraźne podobieństwo do systemów eksperckich, dlatego też Alter nazywa tego typu systemy *Management Expert Systems (MES)*. Zasadniczymi elementami *MES* są baza reguł typu *IF..THEN*, mechanizm wnioskowania oraz moduł akwizycji wiedzy. W ostatnim czasie bardzo popularne stało się pojęcie *Data Mining*, którego ogólna idea polega na przeszukiwaniu danych i poszukiwaniu ukrytych zależności. Znanymi technikami *Data Mining* są: *Case-Base Reasoning*, wizualizacja danych (*Data Visualization*), oraz techniki sztucznej inteligencji: rozmyte zapytania (*Fuzzy Queries*), algorytmy genetyczne i sieci neuronowe. Tego typu techniki również są wykorzystywane w tej klasie DSS.

DSS zorientowany na dokumenty (*Document-Driven DSS*) wspomaga menedżera w zarządzaniu bazą dokumentów oraz przeszukiwaniem zawartości tych dokumentów. Do tej klasy zalicza się również systemy przeszukujące strony WWW. Przykładami baz danych dokumentów mogą być: zbiory katalogów kontrahentów, dokumentacja produktów, korespondencja firmy itp.

DSS zorientowany na komunikacje i pracę grupową (*Communication-Driven DSS and Group DSS*). Ta klasa systemów wywodzi się z *Group DSS* i stanowi jego nowszy synonim. Jej główną ideą jest wykorzystanie takich technik pracy grupowej, jak: pokoje decyzyjne (*Decision Rooms*), interaktywne video, tablice informacyjne (*White Boards*), biuletyny informacyjne (*Bulletins Boards*), e-mail z technikami wspomaganie podejmowania decyzji. Narzędzia komunikacyjne, które mogą znajdować się w DSS, można podzielić na te, które wspomagają możliwość pracy w grupie w tym samym czasie i miejscu, różnym czasie i tym samym miejscu, tym samym czasie i różnym miejscu oraz różnym miejscu i czasie. Tabela 2.3 przedstawia macierz opisującą narzędzia używane w GDSS, czyli systemach przeznaczonych do pracy grupowej.

Tabela 2.3 Cztery kombinacje wykorzystania narzędzi dla GDSS

	W tym samym miejscu	W różnych miejscach
W tym samym czasie	Pokoje decyzyjne Komputer z projektorem Narzędzia do głosowania	Video konferencje Audio konferencje White boards IRC, Chat
W różnym czasie	Praca na tych samych dokumentach Oprogramowanie przekazujące informacje o wcześniej wykonanych zadaniach	Poczta elektroniczna Poczta głosowa Bulletin Boards

Oprócz wymienionych 5 klas systemów, Power określa trzy dodatkowe wyróżniki DSS. Pierwszy z nich rozróżnia czy system działa tylko wewnątrz organizacji, czy też jest dostępny dla użytkowników z poza niej. Gwałtowny rozwój internetu dał możliwości wykorzystania DSS również dla klientów i dostawców danego przedsiębiorstwa. Klienci mogą mieć dostęp do DSS opartego na modelach, który będzie wspomagał wybór produktu, natomiast dostawcy będą mieli dostęp do DSS opartego na bazie danych. DSS dostępny dla partnerów danej firmy może znacznie podnieść konkurencyjność firmy na rynku. System, który daje takie możliwości zalicza się do klasy *Inter-Organizational DSS*, tradycyjne systemy przeznaczone dla użytkowników wewnątrz organizacji – *Intra-Organizational DSS*.

Power rozróżnia systemy: przeznaczone dla konkretnych zastosowań (*Function-Specific DSS*) oraz systemy mogące znaleźć zastosowanie w różnych dziedzinach (*General DSS*). Jako przykład DSS przeznaczonego dla konkretnych zastosowań można podać systemy budżetowe,

systemy harmonogramowania, systemy finansowe z wbudowanymi konkretnymi modelami finansowymi.

Również wykorzystana technologia może stanowić wyróżnik DSS. To czy system wykorzystuje protokół TCP/IP i jest zintegrowany z siecią Web (*Web-based DSS*) lub siecią lokalną (*LAN-based DSS*), czy zbudowany jest w architekturze klient-serwer lub pracuje na komputerze typu Mainframe (*Mainframe-based DSS*) może stanowić o jego przydatności do konkretnych zastosowań.

Przed przystąpieniem do budowy DSS, analitycy i projektanci powinni ustalić z zarządem przedsiębiorstwa, jakiego typu system ma być tworzony. Przykładowo, opierając się na typologii Powera tworzonym systemem może być: DSS zorientowany na dane (*Data-Driven DSS*), przeznaczony dla grupy wewnątrz organizacji (*Inter-Organizational DSS*). Zadaniem systemu będzie projektowanie produktu (wyspecjalizowany DSS) oraz system będzie oparty na technologii Web (*Web-based DSS*).

2.2.4. Wybrane cechy

Pojęcie systemu wspomaganie decyzji obejmuje bardzo szeroki zakres systemów informacyjnych, dlatego też należałoby się zastanowić nad ich cechami wspólnymi. Przedstawione poniżej 7 cech DSS wydaje się być ogólną charakterystyką tych systemów. Posiadanie lub brak tych cech nie jest jednak czynnikiem kategorycznie wykluczającym dany system z klasy DSS.

1. DSS zalicza się do klasy systemów informacyjnych, a więc takich, w których następuje przetwarzanie informacji i udostępnianie jej użytkownikowi.
2. DSS używa się w celu wspomaganie, a nie zastępowania ludzi. Dlatego też jednym z ważniejszych elementów DDS jest interfejs użytkownika – im bardziej przyjazny, tym praca z systemem jest bardziej efektywna. Jest więc tak zbudowany, aby maksymalnie ułatwić człowiekowi interaktywną pracę z nim. System wspomaganie decyzji pozwala decydentowi na połączenie doświadczenia i intuicji z wynikami przedstawianymi przez program komputerowy, w celu osiągnięcia jak najlepszej informacji wspomagającej proces podejmowania decyzji.
3. Jak już wspomniano przy definiowaniu DSS, są one dedykowane dla problemów nieustrukturalizowanych i słabo ustrukturalizowanych, a więc dla takiego środowiska,

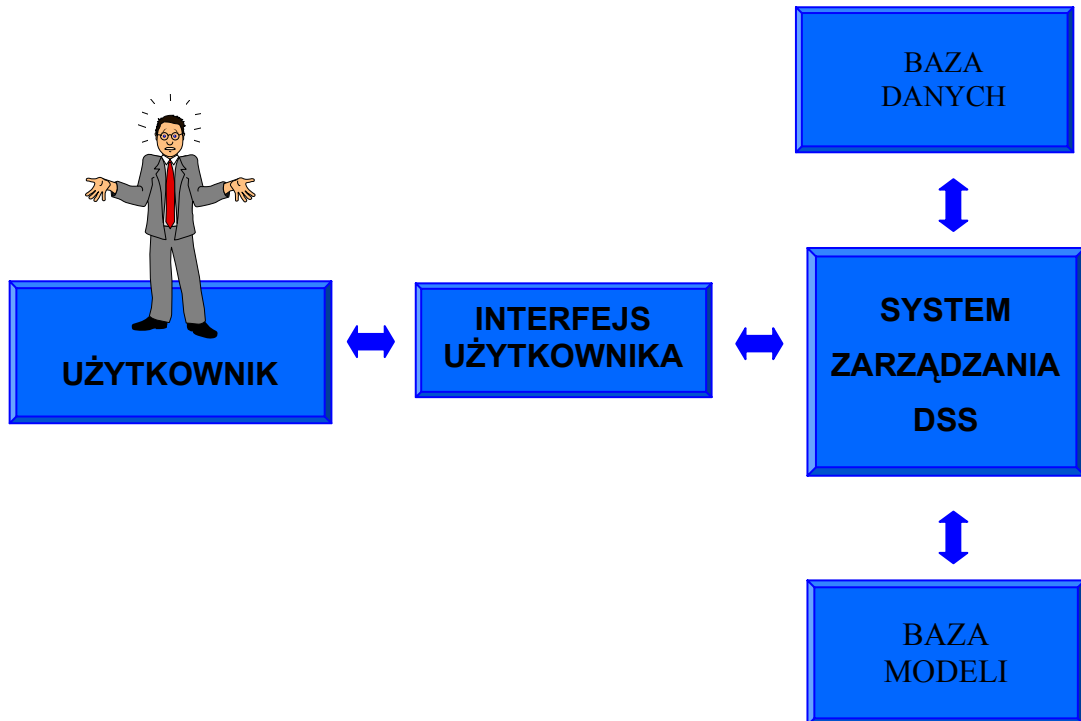
gdzie nie można na podstawie jednoznacznie określić jaka decyzja powinna być podjęta. W przypadku problemów dobrze ustrukturalizowanych komputer sam może podjąć decyzję o określonym działaniu, z pominięciem człowieka.

4. DSS łączą w sobie tradycyjne techniki analityczne, modele i tradycyjne metody przeszukiwania danych. Można więc zauważyć, że każda metoda analizy danych może być w systemach wspomaganie decyzji wykorzystywana - najważniejsze jest, aby użytkownik uzyskał od systemu informacje zgodne z jego oczekiwaniami.
5. Cechą charakterystyczną DSS jest możliwość udzielania szybkich odpowiedzi. Decydent zadający pytanie systemowi oczekuje odpowiedzi wygenerowanej w czasie rzeczywistym. W dobrze zaprojektowanym systemie powinna istnieć możliwość przerwania obliczeń w dowolnym momencie. Oczywiście należy się liczyć z faktem, że dla niektórych zapytań dokładność odpowiedzi będzie uzależniona od czasu wykonywania obliczeń (np. przy wykorzystaniu algorytmów genetycznych do poszukiwania optimum).
6. DSS dostarczają scenariuszy typu *what-if*, polegających na tym, że użytkownik zadaje systemowi pytanie, co się stanie jeśli zostanie podjęta decyzja, którą bierze pod rozwagę decydent. Aby umożliwić menedżerowi realizację zapytań *what-if*, DSS posiada wbudowane modele pozwalające na symulację hipotetycznych zdarzeń.
7. System wspomaganie decyzji umożliwia agregację danych w celu uzyskania raportów (Alter, 1976). Szczególnie systemy przeznaczone dla wyższego stopnia kierownictwa mają rozwinięte mechanizmy generowania zestawień. Pozwalają one na dokładne prześledzenie obecnego stanu firmy oraz jej historii.
8. DSS jest systemem informatycznym o stosunkowo dużym stopniu złożoności, posiadającym odpowiednie możliwości konfigurowania, przetwarzania i prezentacji informacji, które mogą być użyte przez menedżerów do podejmowania decyzji, uwzględniając socjopsychiczne uwarunkowania, właściwe dla konkretnego decydenta (Zabawa, Radosiński, 2000).

2.2.5. Architektura

Zgodnie z wymienionymi cechami, DSS może zawierać takie elementy, jak: baza modeli, baza danych, interfejs użytkownika oraz moduł sterujący, odpowiedzialny za działanie całego oprogramowania, zwany systemem zarządzania DSS. Najczęściej spotykaną w literaturze architekturę DSS przedstawia Rysunek 2.2. Architektura DSS jest uzależniona od funkcji jaką

ma pełnić i dlatego nie każdy DSS musi zawierać bazę modeli, podobnie baza danych może stanowić drugorzędny element systemu.

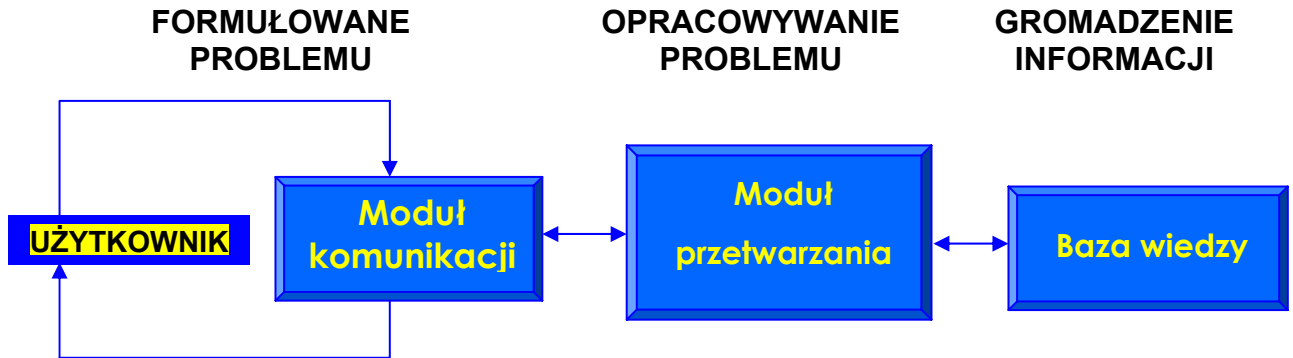


Rysunek 2.2 Modułowy schemat architektury DSS (Ahmad, 2000)

W literaturze wyróżnia się bardzo różnorodne spojrzenia na architekturę DSS, przykładami mogą być:

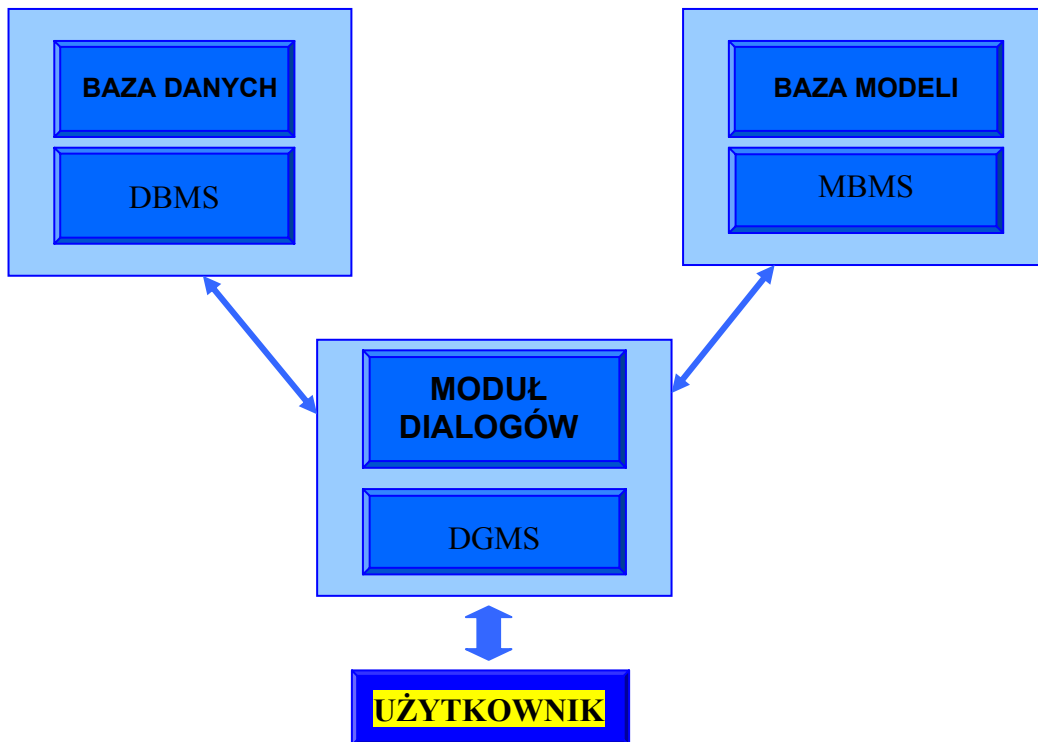
- podejście funkcjonalne;
- podejście oparte na narzędziach;
- podejście uwzględniające architekturę sieci.

Przy podejściu funkcjonalnym (Rysunek 2.3), użytkownik formułuje problem w języku zrozumiałym dla systemu, następnie problem jest analizowany, by w końcowej fazie wyszukać odpowiednie informacje w bazie wiedzy. Przy takiej architekturze nie są wyszczególnione fizyczne moduły systemu, lecz elementy procesu zaczynającego się zapytaniem do systemu, a kończącego uzyskaną odpowiedzią.



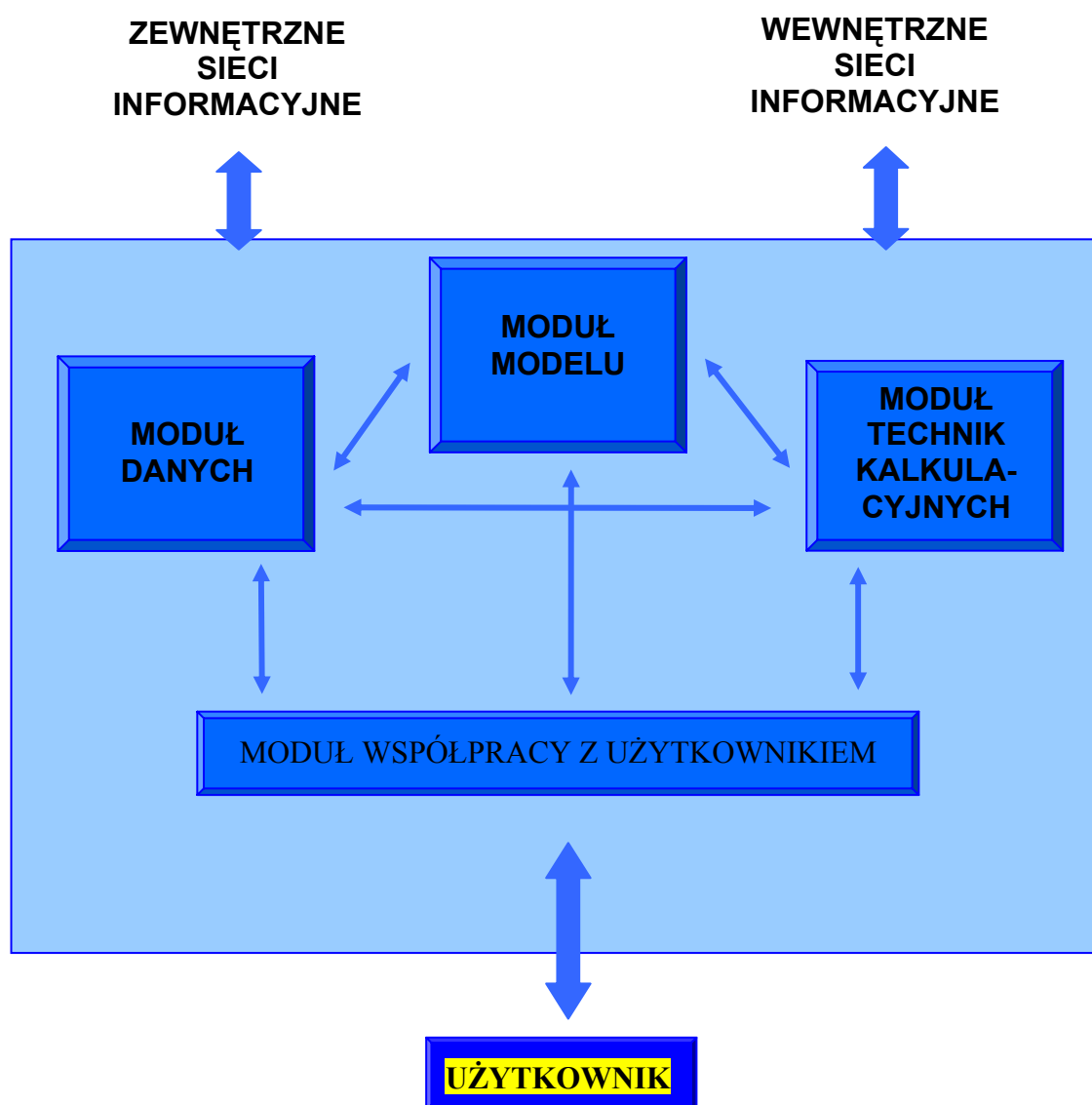
Rysunek 2.3 Architektura DSS w podejściu funkcjonalnym (Ahmad, 2000)

Innym podejściem, bardziej ogólnym, jest architektura oparta na narzędziach, jakie są zawarte w DSS (Rysunek 2.4). Baza danych wraz z systemem zarządzania bazą danych (*DBMS – database management system*) jest odpowiedzialna za wyszukiwanie informacji. Baza modeli wraz z systemem zarządzania bazą modeli (*MBMS – model-base management system*) odpowiada za przeprowadzanie symulacji na podstawie scenariuszy *what-if*. Moduł dialogów wraz z systemem zarządzania dialogiem (*DGMS – dialog management system*) realizuje funkcje komunikacyjne zarówno z użytkownikiem (interfejs użytkownika) jak też pomiędzy bazą danych a bazą modeli. Takie podejście pozwala na wyodrębnienie trzech funkcjonalnych modułów, z których każdy odpowiedzialny jest za odrębne zadania.



Rysunek 2.4 Architektura DSS oparta na narzędziach (Ahmad, 2000)

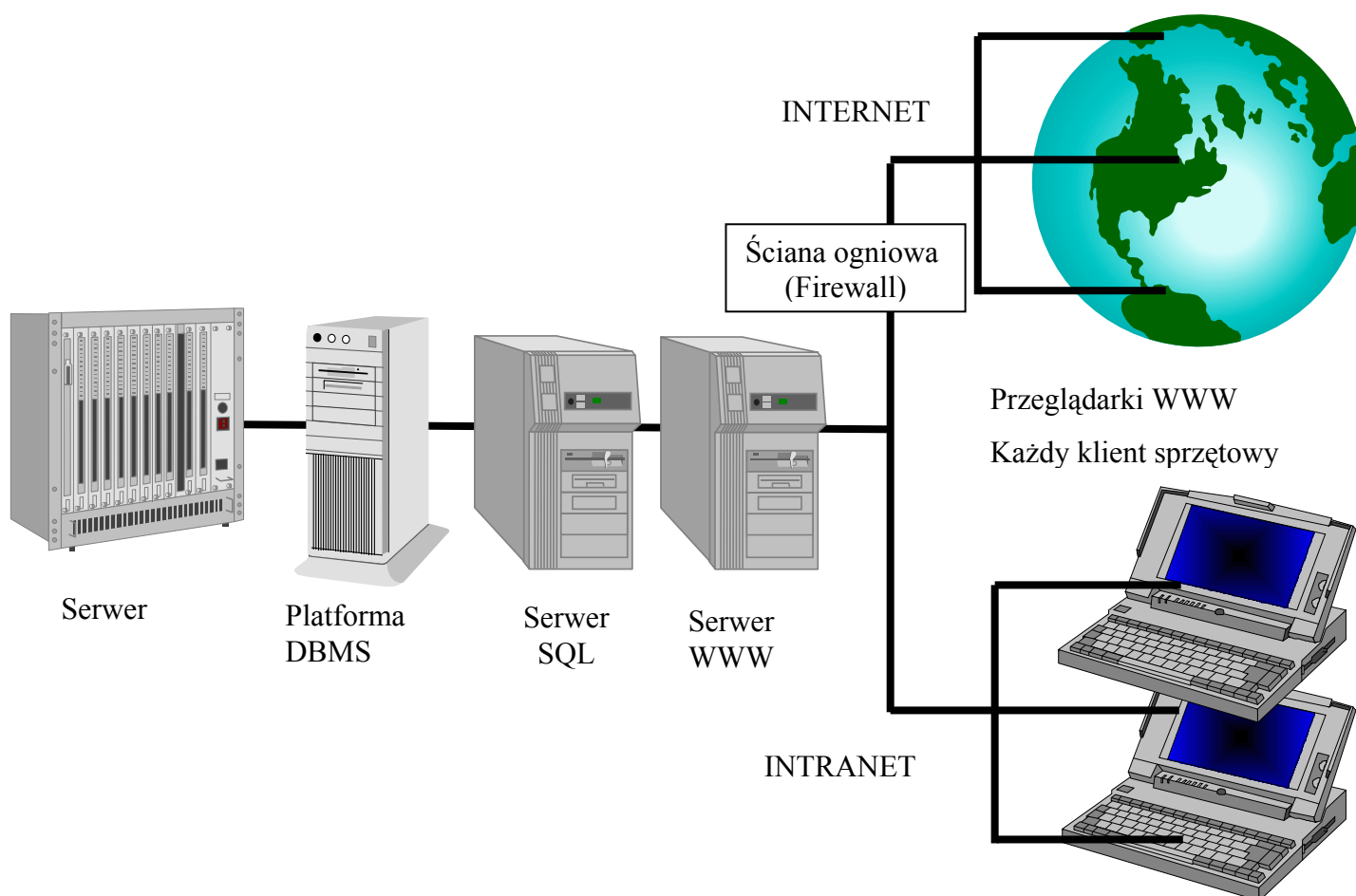
Podobną architekturę DSS zaproponował Edward Radosiński (2001). Uzupełnił ją jednak o moduł technik kalkulacyjnych, odpowiedzialny za przetwarzanie numeryczne danych (spełniający wszystkie funkcje arkusza kalkulacyjnego). Dodatkowo uwzględniona została możliwość wymiany informacji z zewnętrznymi i wewnętrznymi sieciami informacyjnymi (Rysunek 2.5).



Rysunek 2.5 Struktura systemu wspomagania decyzji (na podstawie Radosiński, 2001)

Architekturę zaawansowanego DSS (*High-Level DSS*), pozwalającego na pracę w rozległej sieci Internet, przedstawia Rysunek 2.6. Serwer – najczęściej komputer typu *Mainframe*, stanowi centrum mocy obliczeniowej systemu. Na nim realizowane są wyliczenia modeli oraz zaawansowane obliczeniowo operacje. Serwer bazodanowy (DBMS)

odpowiedzialny jest za operacje na bazach danych. SQL engine (serwer SQL) odpowiada za obsługę zapytań do bazy danych. Może być to element serwera WWW lub osobny moduł. Cały system pracuje w architekturze klient/serwer. Komputery podłączone w sieć wewnątrz korporacji (INTRANET) mają zainstalowane oprogramowanie klienckie np. przeglądarki WWW lub wyspecjalizowane, związane z konkretnym systemem, pozwalające na kierowanie zapytań do serwerów. Poza tym, z dowolnego miejsca na świecie, istnieje możliwość kontaktu z serwerami przy wykorzystaniu sieci INTERNET. Ze względów bezpieczeństwa wszystkie serwery są oddzielone od świata tzw. ścianami ogniowymi (*firewalls*) będącymi oprogramowaniem lub sprzętem odpowiedzialnym za bezpieczeństwo danych. Ściany ogniowe kontrolują pakiety przychodzące i wychodzące z serwerów.



Rysunek 2.6 Architektura High-level DSS

Według Mallacha (1994), aby zdefiniować architekturę DSS należy wyspecyfikować następujące elementy:

- bazy danych – istniejące wewnętrzne i zewnętrzne oraz te, które zostaną utworzone specjalnie dla DSS. Architektura powinna wyspecyfikować kto jest odpowiedzialny za bezpieczeństwo oraz dokładność danych.
- modele oraz informacje o danych, z których korzystają modele, a także zakres odpowiedzialności za prawidłowe funkcjonowanie danego modelu;
- oprogramowanie dla użytkowników, dające dostęp do baz danych oraz modeli, a także narzędzia dla administratorów systemu;
- sprzęt komputerowy oraz platformę systemu operacyjnego, na którym DSS pracuje. Wszystkie normy standaryzacyjne dostawców sprzętu i oprogramowania powinny zostać w tym punkcie ujęte.
- infrastrukturę sieci uwzględniającą komunikację pomiędzy serwerami baz danych, komputerami na których wyliczane są modele oraz użytkownikami, a także komunikację wewnątrz grupy;
- użytkowników DSS, stanowią oni bowiem element architektury DSS. Ich kwalifikacje zawodowe, miejsce pracy powinny zostać szczegółowo scharakteryzowane.

Podsumowując główne cechy budowy DSS można zauważyć, że każdy system wspomaganie decyzji musi być połączony z konkretnym środowiskiem informacyjnym. Dlatego też niezbędnym elementem DSS jest baza danych oraz moduł komunikacji z nią. Odpowiednia prezentacja tych danych, najczęściej w środowisku graficznym (*GUI – graphics user interface*) jest realizowana przez interfejs użytkownika. Wymienione elementy to składowe każdego systemu informacyjnego. Różnica, jaka pojawia się polega na tym, że DSS jest elementem nadrzędnym dla źródła informacji. Przy jego pomocy decydent wykorzystując swoją wiedzę przetwarza dane na przydatne dla niego informacje. Można więc powiedzieć, że decydent przy pomocy DSS interpretuje i uogólnia dane. Oznacza to, że DSS jest odpowiedzialny za trzeci-ostatni etap przetwarzania informacji (trzy etapy przetwarzania informacji: fakt gospodarczy → rejestracja → zestawienie → interpretacja i uogólnienie) (Galata, Nr 444).

Kolejnym elementem DSS, wyróżniającym go od innych systemów informacyjnych jest baza modeli (występuje w *Model-driven DSS*), pozwalająca na realizację zapytań do systemu typu: co się stanie jeśli podejmę decyzję X. Na modelu systemu, zgromadzonym w bazie modeli przeprowadzana jest symulacja, pozwalająca na obserwację zachowania się systemu.

Symulacja komputerowa, to możliwość sięgania w przyszłość, bez ryzyka strat przy podjęciu niewłaściwej decyzji. Niestety wciąż jeszcze modele systemów stosowane w symulacjach gospodarczych są znacznie uproszczoną reprezentacją rzeczywistości. Stąd też wyniki realizacji scenariusza *what-if* mogą być obarczone znacznym błędem.

Niewątpliwie przyszłości DSS należy upatrywać w integracji modułów DSS z elementami sztucznej inteligencji. Tego typu systemy określane są mianem Developed Decision Support System i obejmują model „hybryda ↔ dane”, gdzie hybryda stanowi połączenie technik inteligentnych (algorytmy genetyczne, sieci neuronowe, logika rozmyta) z modelami symulacyjnymi (Radośniński, 1998).

2.2.6. Przykłady zastosowań

Przedstawione poniżej wybrane przykłady stanowią spektakularne możliwości wykorzystania DSS w różnych gałęziach gospodarki – poczynając od biznesu związanego ze sportem, a kończąc na zagadnieniach bezpieczeństwa kraju, związanych z „problemem roku 2000” (Y2K).

Advanced Scout

Advanced Scout to DSS firmy IBM, przeznaczony dla trenerów i menedżerów NBA (*National Basketball Association*). System zbiera dane ze wszystkich meczów rozgrywanych w lidze, a następnie przeprowadza zaawansowaną analizę zebranych informacji. Dzięki wykorzystaniu Advanced Scout trener lub menedżerowie mogą uzyskać nie tylko informacje o rzutach, blokach, asystach itp., ale również system wynajduje w danych zależności, które są uwidaczniane podczas oglądania powtórek z meczów. Advanced Scout można zakwalifikować do klasy systemów opartych na danych (*Data-driven DSS*), wykorzystujących techniki *Data Mining* (http://www.strategy.com/success/msi_safl.htm).

LL Bean

Na wiosnę roku 1989 firma L.L. Bean zatrudniła konsultantów w celu zaprojektowania systemu realizującego lepszą alokację zasobów w telemarketingu. Menedżerowie zdecydowali się na *Economic Optimization Model* (EOM), stworzony na zamówienie firmy. Zaproponowany system zmienił tradycyjną metodę, w której przyjmuje się, że jeden agent jest w stanie obsłużyć 14 telefonów na godzinę. DSS zorientowany na modele (*model-driven*

DSS) analizuje zmienne, takie jak liczba linii telefonicznych, liczba agentów, maksymalna liczba zgłoszeń oczekujących w kolejce, doświadczenie agenta, koszt połączenia, koszt straconego zgłoszenia itp. Na podstawie matematycznego modelu optymalizacyjnego, zawartego w systemie, proponuje on najlepszą alokację zasobów. Po wdrożeniu systemu, którego koszt wyniósł 40000\$ dochody firmy wzrosły z 9,2mln \$USD do 10 mln \$USD. Poza tym wzrosło również zadowolenie klientów firmy, a tym samym jej konkurencyjność.

BCA DSS (Base Closure Analysis DSS)

Oprogramowanie *Base Closure Analysis DSS* zostało napisane na zlecenie U.S. Air Force w celu określenia jaki wpływ na działanie sił zbrojnych będzie miało zamknięcie poszczególnych baz wojskowych. System posiada wielopoziomą możliwość filtrowania danych. Bazy posiadające najmniejsze znaczenie strategiczno-operacyjno-socjalno-ekonomiczne znajdują się na szczycie listy kandydatów do zamknięcia. W każdym kroku działania systemu komisja badająca bazy wojskowe może podjąć decyzję o wykluczeniu lub dodaniu nowej bazy do kolejnego etapu analizy. Używając *Base Closure Analysis DSS* członkowie komisji mogą oszacować przydatność każdej bazy na podstawie 8 głównych oraz 213 kryteriów pomocniczych, wśród których są np. warunki pogodowe, łatwość dopasowania infrastruktury itp. (http://www.strategy.com/success/msi_saf1.htm).

Y2K GroupSystems Online

W tygodniu poprzedzającym 1 stycznia roku 2000, 150 osób uczestniczyło w Stanach Zjednoczonych, 24 godziny na dobę w pracach sztabu kryzysowego, wykorzystując Y2K GroupSystems Online. Byli wśród nich między innymi: reprezentanci gabinetu ministra obrony narodowej, Federal Emergency Management Agency (FEMA), JCS Staff. Używali oni wewnętrznej sieci Pentagonu, znanej jako SIPRNET, w celu bezpiecznej komunikacji. Y2K GroupSystems Online był wykorzystywany do przekazywania informacji, zaawansowanych technik komunikacyjnych, takich jak video-konferencje, generowania raportów oraz wspomaganie podejmowania decyzji na podstawie dostępnych danych. Y2K GroupSystems Online może być przykładem typowego systemu z klasy *Communication-Driven DSS* i *Group DSS* (<http://www.groupsystems.com>).

3. Komputerowy system wspomaganie decyzji w gospodarce magazynowej

Rozdział 3 został podzielony na 4 części. Pierwszy podrozdział jest krótką charakterystyką zrealizowanego systemu wspomaganie decyzji w gospodarce magazynowej (SWD-GM). W drugim podrozdziale omówiono wskaźniki gospodarki magazynowej występujące w SWD-GM. Omówiono także zagadnienia związane z analizą ABC. Przedstawiono możliwości łączenia wskaźników w analizie wielokryterialnej wraz z przykładami zrealizowanymi na rzeczywistych danych. Trzeci podrozdział omawia zagadnienia związane z wykorzystaniem algorytmów genetycznych (AG) w prognozowaniu popytu. W jego pierwszej części przedstawiono ogólną charakterystykę tradycyjnych metod prognozowania popytu. Druga część zawiera omówienie algorytmów genetycznych oraz charakterystykę realizacji AG w SWD-GM. Ostatnia część trzeciego podrozdziału jest omówieniem zastosowania algorytmu genetycznego przy identyfikacji funkcji popytu, wraz z przedstawieniem przykładów przeprowadzonych doświadczeń. Czwarty podrozdział omawia możliwości symulacji obrotów magazynowych jakie oferuje SWD-GM. W jego ostatniej części przedstawiono propozycję sprzężenia symulatora z algorytmem genetycznym w celu znalezienia suboptymalnych wartości zmiennych decyzyjnych.

3.1. Ogólna charakterystyka

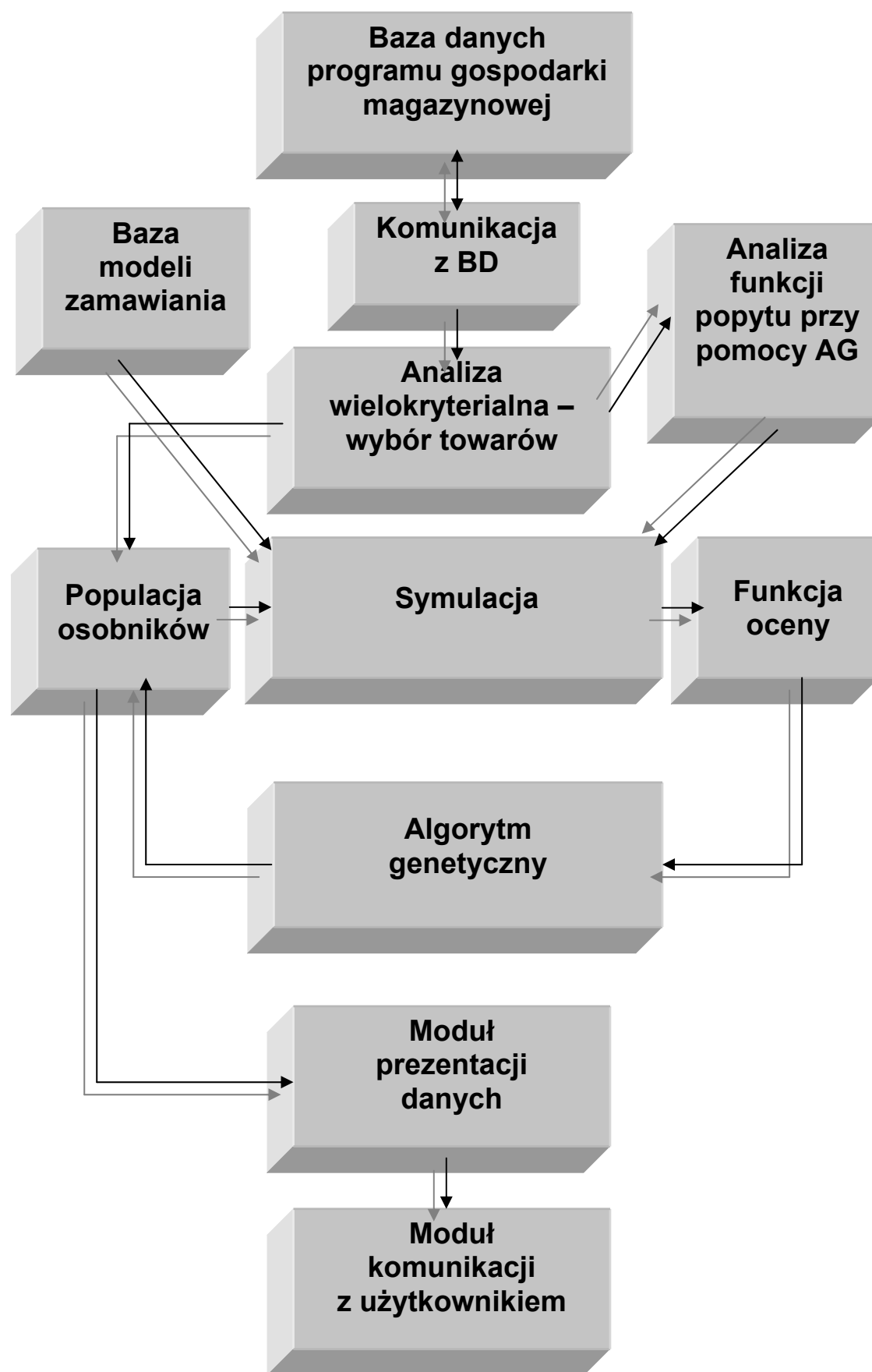
SWD-GM ma wspomagać decydenta w podejmowaniu decyzji związanych z gospodarką magazynową. Każdy system wspomaganie decyzji (DSS) musi być powiązany z konkretnym środowiskiem informacyjnym. W tym przypadku bazę informacyjną stanowią relacyjne bazy danych programu gospodarki magazynowej, działającego w przedsiębiorstwie, zawierające rekordy dotyczące sprzedaży i zakupów.

Modułowy schemat SWD-GM przedstawia Rysunek 3.1. W pierwszym etapie działania systemu zostają wybrane towary najistotniejsze pod względem celu, jaki decydent chce osiągnąć. Wykorzystano tu analizę ABC, opierającą się na najbardziej popularnych wskaźnikach gospodarki magazynowej, wyliczanych dzięki wykorzystaniu zapytań w języku SQL. Nowość stanowią zestawienia wielokryterialne, agregujące kilka zestawień w jedną

wartość oraz związana z wielokryterialnością normalizacja danych. Opis zrealizowanych doświadczeń oraz używanych wskaźników obrotu magazynowego zawarto w rozdziale 3.2. Wyniki wielokryterialnych zestawień stanowią pierwszy element wspomagający podejmowanie decyzji przez analityka.

Kolejnym krokiem jest analiza sprzedaży wybranego towaru, z wykorzystaniem algorytmu genetycznego, w celu określenia funkcji popytu. Użycie algorytmów genetycznych pozwala na identyfikację parametrów praktycznie dowolnie złożonej funkcji. W tym wypadku uwzględniono równocześnie podwójną okresowość, trend liniowy oraz zależność sprzedaży od ceny. W rozdziale 3.3 przedstawiono charakterystykę wykorzystanego w systemie algorytmu. Opisano także przykłady identyfikacji parametrów funkcji popytu, wykorzystując dane rzeczywiste pochodzące z trzech przedsiębiorstw reprezentujących różne branże.

Gdy znana jest funkcja popytu i zostanie wybrany model zamawiania, istnieje możliwość przeprowadzenia symulacji obrotów magazynowych dla danego towaru. SWD-GM umożliwia dwa rodzaje symulacji: decydent sam określa wartości zmiennych decyzyjnych lub są one wyliczane automatycznie. Jedną z możliwości wyznaczenia tych wartości (ceny sprzedaży towaru, wartość współczynnika bezpieczeństwa, wielkość zapasu maksymalnego) jest sprzężenie symulatora z algorytmem genetycznym. Możliwość przeprowadzenia symulacji i obejrzenia wyników w arkuszu oraz na wykresach, a także propozycja wartości zmiennych decyzyjnych oraz możliwość analizy *what-if* jest trzecim elementem wspomaganie decyzji.



Rysunek 3.1 Schemat zrealizowanego systemu wspomagania decyzji w gospodarce magazynowej

3.2. Wskaźniki ekonomiczne gospodarki magazynowej

Analizę wskaźników gospodarki magazynowej należałoby rozpocząć od zdefiniowania magazynu oraz magazynu wirtualnego. Tradycyjnie magazyn definiowany jest jako jednostka funkcjonalno-organizacyjna przeznaczona do składowania zapasów, zajmująca wyodrębnioną przestrzeń, wyposażoną w odpowiednie środki techniczne, zarządzana i obsługiwana przez zespół ludzi. Magazyny różnią się między sobą przede wszystkim: przedmiotem działalności, spełnianymi funkcjami, przynależnością organizacyjną i rodzajem składowanych dóbr (Korzeniowski i inni, 1997).

Obecnie coraz częściej spotyka się pojęcie magazynu wirtualnego istniejącego tylko w komputerze. Można go zdefiniować jako: zbiór informacji dotyczących stanów magazynowych wraz ze specyfikacją towarów, zgromadzony na elektronicznym nośniku danych.

Dokumentacja znajdująca się w programie magazynowym, a związana ze sprzedażą i zamówieniami, pozwala na śledzenie wartości wskaźników i optymalizowanie obrotów magazynowych. Jedną ze strategii, która wydaje się być optymalną ze względu na poziom zapasów w magazynie jest strategia *just-in-time*. W tym podejściu, towar dostarczany jest pod konkretne zamówienie dokładnie na czas, co pozwala zaoszczędzić na kosztach magazynowania. Dostawa na czas zalicza się do najbardziej znaczących strategii zarządzania łańcuchem logistycznym (Christopher, 1998). Strategia logistyczna *just-in-time* została wymyślona przez Japończyków w latach sześćdziesiątych XX wieku. Niestety jest ona możliwa do realizacji tylko w przypadku, gdy wszystkie ogniwa łańcucha logistycznego (dział zaopatrzenia, dział produkcji, dział magazynowy, odbiorcy) działają bez zarzutu, natomiast w przypadku rozchwianej gospodarki, stosowanie tej strategii może zakończyć się fiaskiem, nawet gdy tylko jeden element łańcucha zawiedzie (np. niezetelny dostawca).

Każdy program gospodarki magazynowej (GM) dysponuje szeroką gamą wskaźników ułatwiających analizę obrotu magazynowego. Nie istnieje jednak zestaw wskaźników, który można by dopasować do oczekiwań menedżerów każdej firmy, dlatego najczęściej spotyka się możliwość dostosowania zestawień (raportów) do potrzeb konkretnego środowiska firmy. Należy jednak zwrócić uwagę na to, że oferowane zestawienia są tylko modyfikacjami podstawowych wskaźników, dotyczących obrotu magazynowego, np. zestawienie asortymentowe sprzedaży w podziale na grupy towarowe, jest tylko agregacją zestawienia sprzedaży. Niektóre firmy w swoich reklamach oferują ponad 1000 zestawień. Warto jednak

się zastanowić, które z tych zestawień są bazowymi, które natomiast modyfikacjami zestawień bazowych. Przedstawione w rozdziale 3.2.2 wskaźniki stanowią bez wątpienia grupę zestawień bazowych. Należałoby się jedynie zastanowić czy wybrana grupa jest kompletna, a więc czy nie został pominięty żaden wskaźnik, który nie jest modyfikacją wskaźnika z wybranej grupy. Ten problem wydaje się być trudny do rozstrzygnięcia ze względu na brak obiektywnych kryteriów rozstrzygających jednoznacznie czy pomiędzy wskaźnikami zachodzi relacja podobieństwa (tzn. czy jeden z nich jest modyfikacją drugiego). Przykładowo trudno jest obiektywnie określić czy wskaźnik wartości zapasu liczony według ceny zakupu jest bazowy w stosunku do wskaźnika wartości zapasu liczonego według średniej ceny sprzedaży.

Najczęściej programy GM udostępniają użytkownikowi gotowe sparametryzowane zestawienia. Dobrą stroną takiego podejścia jest prostota obsługi programu, sprowadzająca się do wybrania z listy zestawienia i podania wartości parametrów takich jak: czas jaki ma obejmować zestawienie, grupy towarowe itp. Podstawową wadą tego typu systemów jest brak możliwości dostosowania raportów do konkretnych oczekiwań użytkownika. Niektóre programy GM udostępniają możliwość tworzenia własnych zestawień (np. *Subiekt 4.0*). Bardziej zaawansowani użytkownicy systemu mogą więc dostosować raportowanie do swoich potrzeb. Możliwości generowania zestawień udostępniane użytkownikom są jednak znacznie uproszczone, ze względu na to, że użytkownicy rzadko posiadają umiejętność posługiwania się językiem SQL lub jego pochodnymi.

3.2.1. Wskaźniki liczone przez SWD-GM

Wskaźniki liczone przez zaimplementowany SWD-GM zostały podzielone na dwie grupy (Chodak, 2001). Pierwsza z nich dotyczy sprzedaży, druga zapasów. Grupa dotycząca sprzedaży zawiera pięć wskaźników: sprzedaż, zysk, rentowność, obroty, rotację. W drugiej grupie znalazły się wskaźniki: stanu magazynowego, średniego zapasu, wystarczalności zapasu oraz zalegania magazynowego. Zaimplementowany przez autora SWD-GM pozwala na wyliczenie wartości tych wskaźników, pobierając dane z baz danych programu GM. Ponadto zrealizowany SWD-GM pozwala wybrać czy dane zestawienie ma być liczone ilościowo lub wartościowo oraz czy wynik ma być poddany normalizacji. Rysunek 3.2

będący oknem dialogowym zrealizowanego SWD-GM przedstawia w jaki sposób użytkownik wybiera, które wskaźniki mają być liczone przez system.

Wybór zestawień	Wagi [%]	Wybór zestawień	Wagi [%]
<input checked="" type="checkbox"/> Sprzedaż	50	<input type="checkbox"/> Stan magazynu	
<input checked="" type="checkbox"/> Zysk	50	<input type="checkbox"/> Średni zapas	
<input type="checkbox"/> Rentownosc		<input type="checkbox"/> Wystarczalność	
<input type="checkbox"/> Obroty		<input type="checkbox"/> Zaleganie	
<input type="checkbox"/> Rotacja			

Rysunek 3.2 Wybór zestawień do analizy

3.2.1.1. Wskaźniki dotyczące sprzedaży

1. Sumaryczna sprzedaż

Wskaźnik sumarycznej sprzedaży jest najczęściej używanym przez analityków i nie wymaga zaawansowanej wiedzy na temat zarządzania gospodarką magazynową:

$$S = \sum S_i$$

gdzie:

S – sumaryczne rozchody towaru;

S_i – sprzedaż towaru na poszczególnych dokumentach rozchodowych.

Sumaryczna sprzedaż może być liczona ilościowo (np. w sztukach) lub wartościowo.

2. Zysk

Wskaźnik zysku ze sprzedaży towaru jest wyrażony w złotych. Istnieją dwie metody liczenia zysku. Różnica polega na uwzględnieniu, bądź nie, obecnego stanu magazynowego danego towaru:

$$ZS = (\sum S_i - \sum K_z) + M$$

$$ZS = (\sum S_i - \sum K_z)$$

ZS – zysk ze sprzedaży;

M – wartość stanu magazynowego towaru;

S_i – wartość sprzedaży towaru na poszczególnych dokumentach rozchodowych;

K_z – koszt zakupu towaru na poszczególnych dokumentach przychodowych.

Ujemna wartość wskaźnika zysku oznacza stratę ze sprzedaży towaru.

3. Wskaźnik rentowności sprzedaży

Wskaźnik rentowności sprzedaży towaru jest wyrażony w procentach:

$$RS = (\sum S_i / \sum K_z) * 100\%$$

RS – rentowność sprzedaży;

S_i – wartość sprzedaży towaru na poszczególnych dokumentach rozchodowych;

K_z – koszt zakupu towaru na poszczególnych dokumentach przychodowych.

Wskaźnik ten określa procentową zyskowność sprzedaży danego towaru lub grupy towarów.

4. Wskaźnik obrotu magazynowego

Wskaźnik obrotu magazynowego służy do wyznaczania obrotu magazynowego i jest szczególnie użyteczny przy planowaniu wielkości zapasów towaru, ponieważ określa dzienną wielkość sprzedaży danego towaru:

$$OM = \sum S_i / d$$

OM – obrót magazynowy;

S_i – wielkość rozchodów towaru na poszczególnych dokumentach rozchodowych;

d – liczba dni jaka upłynęła od dokonania pierwszej dostawy.

Wskaźnik może być liczony ilościowo lub wartościowo.

5. Wskaźnik szybkości obrotu magazynowego (rotacji) liczony w razach

Wskaźnik rotacji określa szybkość obrotu towarem. Gdy jest liczony w „razach” wskazuje ile razy nastąpił obrót danym towarem w badanym okresie. Wielkość rozchodów oraz wielkość średniego zapasu magazynowego może być wyrażona zarówno w złotych, jak też w sztukach, bądź innych jednostkach naturalnych tj. tonach, metrach sześciennych itp.:

$$RM = \frac{\sum_i S_i \cdot \frac{k}{d}}{Z}$$

RM – rotacja magazynowa;

S_i – wielkość rozchodów towaru na poszczególnych dokumentach rozchodowych;

k – współczynnik określający w jakim okresie jest badana rotacja, np. wartość 365 można przyjąć dla rotacji rocznej;

Z – wielkość średniego zapasu magazynowego;

d – liczba dni od dokonania pierwszej dostawy.

Po podstawieniu średniego zapasu otrzymujemy:

$$RM = \frac{\sum S_i \cdot k}{\sum_i (K_{di} \cdot d_{di}) - \sum_j (K_{dj} \cdot d_{dj})}$$

d_{di} , d_{sj} , K_{di} , S_{kj} – patrz wskaźnik średniego zapasu w magazynie.

3.2.1.2. Wskaźniki dotyczące zapasów

1. Wskaźnik zapasu (wskaźnik kosztu towaru w magazynie)

Aby obliczyć koszt towaru w magazynie, należy znać przyjętą metodę sprzedaży towaru. Zastosowaną metodą określania kosztu towaru jest FIFO (*first in first out*), polegająca na tym, że jako pierwszy z magazynu sprzedawany jest towar (oczywiście wewnątrz tej samej pozycji asortymentowej), który jako pierwszy do magazynu został przyjęty:

$$K = \sum_i K_i$$

gdzie:

K – sumaryczny koszt towaru w magazynie;

K_i – koszt towaru według cen zakupu z i -tej dostawy.

Wartość tego wskaźnika można wyliczyć odejmując od obecnego stanu magazynowego ilości towaru, wynikające z ostatnich dostaw, aż do osiągnięcia wartości 0 i sumując wartość towaru, według ceny nabycia. W niektórych programach GM (np. „PSI”) nie ma konieczności wyliczania kosztu towaru w magazynie, gdyż koszt jest liczony na bieżąco i wpisywany np. do bazy *towar.dbf*. Wskaźnik zapasu określa wielkość zapasu w magazynie. Może być liczony w złotych lub jednostkach naturalnych tj. sztukach, metrach sześciennych itp.

2. Wskaźnik średniego zapasu w magazynie

Kolejnym wskaźnikiem informującym o wielkości zamrożonego kapitału w magazynie jest wskaźnik średniego zapasu w magazynie. W wyliczeniach przyjęto, że pomiar przeprowadzany jest codziennie, tak więc wskaźnik określa średni dzienny stan zapasu.

$$Z = \frac{\sum_i Z_i}{n}$$

Z – średni zapas w magazynie;

Z_i – stany zapasów w badanym okresie;

n – liczba pomiarów stanu zapasów.

Aby obliczyć wartość tego wskaźnika, niezbędna jest znajomość stanu zapasów w przeszłości. W celu wyliczenia przeszłych stanów zastosowano następujący algorytm:

$$Z = \frac{\sum_i (K_{di} \cdot d_{di}) - \sum_j (S_{kj} \cdot d_{sj})}{d}$$

gdzie:

d – liczba dni jaka upłynęła od daty pierwszej dostawy;

d_{di} – liczba dni dzieląca od daty i -tej dostawy;

d_{sj} – liczba dni dzieląca od daty j -tej sprzedaży;

K_{di} – wartość i -tej dostawy;

S_{kj} – wartość j -tej sprzedaży liczona po koszcie towaru;

Wskaźnik ten może być liczony zarówno w złotych jak i w sztukach.

3. Wskaźnik wystarczalności

Wskaźnik wystarczalności (często w literaturze spotykany pod nazwą wskaźnika rotacji, wyrażonego w dniach) określa czas na jaki powinien wystarczyć zgromadzony w magazynie towar:

$$WM = \frac{M \cdot d}{\sum_i S_i}$$

WM – wystarczalność towaru w magazynie;

M – wielkość obecna stanu magazynowego;

S_i – wielkość rozchodów na poszczególnych dokumentach rozchodowych;

d – liczba dni w badanym okresie (określa w jakim okresie liczona jest średnia sprzedaż: dzienna, tygodniowa, miesięczna itp.).

Wskaźnik ten często spotyka się również w innej postaci:

$$WM = \frac{M}{S_d}$$

gdzie:

WM, M – jw.;

S_d – średnia sprzedaż dzienna będąca ilorazem wielkości rozchodów i liczby dni w badanym okresie (liczona przez wskaźnik obrotu towaru).

Wskaźnik ten odnosi się do przyszłości i może zostać zastosowany w praktyce tylko w przypadku, gdy popyt nie będzie podlegał gwałtownym zmianom.

4. Wskaźnik zalegania magazynowego

Autor nie spotkał tego wskaźnika w literaturze, dlatego też zostanie on bardziej szczegółowo omówiony. Jest on szczególnie interesujący, gdyż łączy w sobie obecny stan magazynu towaru z historią jego dostaw.

Wskaźnik zalegania magazynowego możliwy jest do wyliczenia tylko w przypadku zastosowania komputerowego systemu gospodarki magazynowej, w innym przypadku pracochłonność wyliczenia tego wskaźnika jest ogromna. Może on zostać użyty do wyznaczenia towarów najbardziej zalegających w magazynie. Dzięki zastosowaniu metody FIFO (*first in first out*), uzyskana wysoka wartość wskaźnika, wskaże towary zalegające w magazynie, a nie te, które mają w danej chwili wysoki stan magazynowy i charakteryzują się dużą rotacją. Wartość wskaźnika zalegania magazynowego można wyliczyć, odejmując od

obecnego stanu magazynowego ilość lub wartość towaru wynikającą z ostatnich dostaw, aż do osiągnięcia wartości 0 oraz mnożąc je przez ilość dni, jaka upłynęła od danej dostawy.

Wskaźnik ten może być liczony zarówno w jednostkach naturalnych, sztukach jak i w złotych. Formalnie wskaźnik ten można wyrazić jako:

$$ZM = \sum_n d_n \cdot I_n$$

gdzie:

ZM – zaleganie magazynowe towaru;

n – numer dostawy;

d – liczba dni zalegania towaru zgodnie z FIFO;

I – ilość (wartość) zalegającego towaru.

Można przyjąć, że właściwa wartość wskaźnika powinna mieścić się w przedziale $(0, d_l \cdot I_{ld})$, gdzie d_l to liczba dni jaka upłynęła od daty ostatniej dostawy, a I_{ld} stanowi ilość lub wartość towaru z ostatniej dostawy. W przypadku gdy wartość wskaźnika przekracza iloczyn $d_l \cdot I_{ld}$ oznacza to, że w magazynie znajduje się towar z wcześniejszych niż ostatnia dostaw, a więc prawdopodobnie należy zmienić wielkość lub czas jego zamawiania.

Przykład

Jeżeli obecnie w magazynie znajduje się 30 sztuk towaru o wartości, który został zakupiony w dwóch dostawach – pierwsza dostawa była 30 dni temu i zakupiono towar po 9 zł za sztukę, druga dostawa była 5 dni temu i zakupiono 25 sztuk tego towaru po 10 zł za sztukę.

Wskaźnik zalegania wyrażony w sztukach wyniesie:

$$ZM = 5 * 30 + 25 * 5 = 275$$

Natomiast wskaźnik zalegania wyrażony w złotych będzie równy:

$$ZM = 5 * 9 * 30 + 25 * 10 * 5 = 2600 \text{ zł}$$

Porównując uzyskany wynik z właściwą wartością wskaźnika można wyliczyć, że wartość tego wskaźnika znacznie przekroczyła sugerowany przedział $(0, 125)$ liczonego w sztukach, oraz $(0, 1250)$ liczonego w złotych, więc w magazynie znajduje się towar zalegający z wcześniejszych niż ostatnia dostaw.

3.2.2. Analiza ABC towarów

Często liczba pozycji asortymentowych w magazynie osiąga dziesiątki lub setki tysięcy. Przy takiej liczbie towarów konieczna jest klasyfikacja towarów, rozumiana jako proces podziału zbioru obiektów na klasy (kategorie), gdzie pojęcie klasa oznacza zbiór obiektów charakteryzujących się pewnymi podobnymi cechami. W zależności od rodzaju dostępnej informacji, w ramach klasyfikacji wyróżnia się dwa zagadnienia:

- klasyfikację wzorcową, nazywaną także analizą dyskryminacyjną, gdy struktura kategorii jest znana, tj. dana jest chociaż częściowa charakterystyka klas, z których pochodzą obiekty;
- klasyfikację bezwzorcową, zwaną także taksonomią albo analizą skupień, gdy nic nie wiadomo o strukturze klas (należy ją dopiero zidentyfikować) (Gatnar, 1998).

Analiza ABC, wykorzystywana w tej pracy, może być zaliczana do klasyfikacji bezwzorcowej, gdyż nie opiera się na gotowych charakterystykach zbiorów, na które zostaną podzielone towary.

Ogólna idea analizy ABC opiera się na Prawie Pareto, mówiącym o nierównomiernej dystrybucji dóbr. Vilfredo Pareto, włoski ekonomista i socjolog żyjący w latach 1848-1923 zajmował się problematyką podziału dochodów wśród ludności w krajach europejskich. Na podstawie przeprowadzonych badań doszedł on do wniosku, że 20% ludności w każdym kraju posiada 80% bogactw tego kraju (Norton, 2000).

Bardziej ogólnie zasada 80/20 mówi o tym, że większość uczestnicząca w danym zjawisku może być określona przez mniejszość – innymi słowy 80% rezultatów jest spowodowana przez 20% przyczyn. Oczywiście stosunek 20/80 jest przyjęty umownie. Często w praktyce spotyka się inne podziały np. 5/95, 30/70 itp.

Zastosowanie tego prawa w ekonomii ma ogromne znaczenie. Prawo Pareto odnosi się do niemalże każdej dziedziny mikro i makroekonomii. Również analiza ABC pozwalająca na grupowanie towarów według stopnia ważności opiera się na tej zasadzie. Można dostrzec rozszerzenie tej zasady o trzecią grupę towarów „średnio istotnych”. Jednak analityk powinien skupić się na towarach z grupy A.

Metoda ABC dzieli stany magazynowe (wcześniej ułożone wg wartości) na trzy grupy o następujących udziałach (www.e-logistyka.pl):

A - 15% (do 20%)

B - 35% (lub mniej, do 30%)

C - 50%

Poniżej przedstawiono rzeczywiste dane dla hurtowni AGD oraz hurtowni odzieży roboczej, potwierdzające zasadę 20/80 (Chodak, 2001). Dzięki tym wyliczeniom, menedżer mając świadomość podziału, może skupić swoją uwagę na najważniejszych np.: 10% towarów. Ze względu na prośbę zarządu hurtowni AGD wyniki zostały pomnożone przez współczynnik znany autorowi. Operacja ta nie ma wpływu na procentowe podziały zaprezentowane w tabelach.

Kolumna „procent pozycji asortymentowych” w Tabelach 3.1-3.6 określa, jaki procent liczby wszystkich pozycji asortymentowych stanowi liczba znajdująca się w drugiej kolumnie (przykładowo 177 pozycji asortymentowych stanowi 10% z 1770 wszystkich pozycji asortymentowych, które były sprzedawane). Kolumna „Zysk ze sprzedaży części towarów” pokazuje wyrażony w złotych zysk netto (bez podatku VAT) ze sprzedaży określonego procentu pozycji asortymentowych (przykładowo na sprzedaży 177 najbardziej zyskownych towarów przedsiębiorstwo zarobiło 1684029 zł, co stanowi 85% zysku całkowitego, wynoszącego 1979666 zł).

Tabela 3.1 Analiza zyskowności towarów dla hurtowni AGD

procent pozycji asortymentowych	liczba pozycji asortymentowych	zysk ze sprzedaży części towarów [zł]	zysk całkowity [zł]	procent zysku
10%	946	649983,2	782506,9	83%
15%	1419	696524,5	782506,9	89%
20%	1892	724596,3	782506,9	93%

Tabela 3.2 Analiza sprzedaży towarów dla hurtowni AGD

procent pozycji asortymentowych	liczba pozycji asortymentowych	wartość sprzedaży części towarów [zł]	sprzedaż całkowita [zł]	procent sprzedaży
10%	946	7346002,1	8682124,5	85%
15%	1419	7804518,8	8682124,5	90%
20%	1892	8079828,0	8682124,5	93%

W Tabeli 3.3 i Tabeli 3.4 przedstawiono analogiczne analizy dla hurtowni odzieży roboczej. Niezwykle interesujące jest to, że mimo całkowicie innej branży, charakteryzującej

się odmiennymi cechami (np. mniejszy koszt jednostkowy towaru, mniej pozycji asortymentowych) uzyskane wyniki są bardzo zbliżone.

Tabela 3.3 Analiza zyskowności towarów dla hurtowni odzieży roboczej

procent pozycji asortymentowych	liczba pozycji asortymentowych	zysk ze sprzedaży części towarów [zł]	zysk całkowity [zł]	procent zysku
10%	177	1684029	1979666	85%
15%	265	1800528	1979666	91%
20%	354	1860318	1979666	94%

Tabela 3.4 Analiza sprzedaży towarów dla hurtowni odzieży roboczej

procent pozycji asortymentowych	liczba pozycji asortymentowych	wartość sprzedaży części towarów [zł]	sprzedaż całkowita [zł]	procent sprzedaży
10%	177	4622869	5709386	81%
15%	265	4985773	5709386	87%
20%	354	5208485	5709386	91%

Na podstawie przedstawionych tabel można zaobserwować prawdziwość zasady 20/80, którą w tym przypadku można zdefiniować następująco: 10% towarów stanowi ponad 80% całkowitej sprzedaży oraz ponad 80% całkowitego zysku przedsiębiorstw. Dane zostały pobrane z dwóch hurtowni o różnym profilu działalności i wyliczone dzięki wykorzystaniu zaimplementowanego SWD-GM.

Podobnie wygląda sytuacja ze stanami magazynowymi. W Tabeli 3.6 widać, że dla towarów zarejestrowanych w programie GM, tylko 20% znajduje się obecnie w magazynie (487 pozycji asortymentowych), natomiast 5% (122 pozycje asortymentowe) stanowi prawie 90% wartości całego magazynu. Dlatego też, wybranie ze zbioru pozycji asortymentowych tych, które mają kluczowe znaczenie dla firmy, jest niezwykle istotne. Można również zauważyć, że całkowita liczba pozycji asortymentowych zarejestrowanych w magazynie (2440) jest większa, niż całkowita liczba pozycji sprzedawanych (1770). W tym wypadku,

wynika to z faktu, że niektóre pozycje asortymentowe były zamawiane w celach sondażowych (po sztuce) i część z nich nie została sprzedana, lecz zwrócona do dostawcy.

Tabela 3.5 Analiza stanów magazynowych hurtowni AGD

procent pozycji asortymentowych	liczba pozycji asortymentowych	wartość zapasów w magazynie części pozycji asortymentowych [zł]	sumaryczna wartość zapasów [zł]	procent zapasów
5%	695	138925,3	159611,7	87,04%
10%	1391	158839,7	159611,7	99,52%
15%	2086	159611,7	159611,7	100,00%

Tabela 3.6 Analiza stanów magazynowych hurtowni odzieży roboczej

procent pozycji asortymentowych	liczba pozycji asortymentowych	wartość zapasów w magazynie części pozycji asortymentowych [zł]	sumaryczna wartość zapasów [zł]	procent zapasów
5%	122	180610	201928	89,44%
10%	244	196810	201928	97,47%
15%	366	201067	201928	99,57%
20%	487	201928	201928	100,00%

Widać więc, że dla towarów zarejestrowanych w programie GM, tylko 20% (w przypadku hurtowni AGD nawet mniej, bo 15%) znajduje się obecnie w magazynie, natomiast 5% stanowi prawie 90% stanu całego magazynu. Dlatego też, wybranie ze zbioru pozycji asortymentowych tych, które mają kluczowe znaczenie dla firmy, jest niezwykle istotne.

Aby dokonać analizy towarów i uszeregować je w celu wyodrębnienia towarów najistotniejszych (analiza ABC), należy wykonać cztery zaproponowane przez autora czynności:

- wybór celu analizy;
- wybór wskaźników najlepiej odpowiadającym założonemu celowi;
- określenie funkcji użyteczności;

- dobranie wag dla poszczególnych wskaźników.

Pierwszym krokiem jaki należy wykonać jest wybranie celów, według których zostanie dokonana analiza towarów. Cele zależą od konkretnej sytuacji, w jakiej znajduje się przedsiębiorstwo. Niełatwo jest sformułować zbiór ogólnych celów, pasujących do każdego warunków. Przedstawione cele powinny być traktowane, jako propozycja i wskazówka dla analityka, nie zaś jako zupełny zbiór kryteriów, jakimi powinien się kierować.

Przykłady celów, jakie może postawić sobie analityk dokonujący analizy ABC:

- znalezienie towarów najbardziej zyskownych;
- znalezienie towarów przynoszących największą stratę;
- znalezienie towarów najbardziej zalegających w magazynie;
- znalezienie towarów o największej rotacji.

Realizacją wszystkich tych celów jest znalezienie towaru lub grupy towarów, odznaczających się pewną charakterystyką – uzyskujących maksymalne (minimalne) wartości funkcji użyteczności. Przeprowadzana analiza ma więc na celu wyszukanie obiektów wyróżniających się ze względu na pewne wartości atrybutów. Jest ona szczególnie przydatna dla baz danych, zawierających duże ilości pozycji asortymentowych (przynajmniej kilkaset towarów).

Należy się zastanowić, jakie wskaźniki będą w najlepszym stopniu, odpowiadały poszczególnym celom. Pojawia się tutaj problem ilości wskaźników. Zbyt mała ilość wskaźników może spowodować nie uwzględnienie ważnej charakterystyki towaru, natomiast zbyt duża ilość, wpływa na rozmycie wyników.

Wprowadzenie wielokryterialności pozwala na dokonanie nowego spojrzenia grupującego pewne cechy towarów. Analityk przeprowadzający analizę ABC może nie dostrzec pewnych towarów, które dla pojedynczych wartości wskaźników nie znalazły się w grupie A, natomiast dla zagregowanej wartości funkcji użyteczności, mogą się w tej grupie znaleźć.

Zaletą proponowanej funkcji użyteczności F jest przede wszystkim jej czytelność i prostota:

$$F = \sum_i w_i \cdot k_i$$

F – funkcja użyteczności;

w_i – wartość i -tej wagi;

k_i – wartość i -tego kryterium.

Do tego typu zastosowań wydaje się być wystarczająca.

Aby uzyskać lepszą porównywalność poszczególnych kryteriów, należy przeprowadzić ich normalizację. Normalizacja wymaga znajomości wartości ekstremalnych (minimum i maksimum) poszczególnych kryteriów.

Normalizacji najczęściej dokonuje się zgodnie ze wzorem (w dalszej części pracy metoda ta nazywana jest standardową normalizacją):

$$k_{norm} = \frac{k - min}{max - min}$$

k_{norm} – wartość kryterium znormalizowanego (zawiera się w przedziale $[0,1]$);

k – wartość kryterium przed normalizacją;

max – maksymalna wartość kryterium;

min – minimalna wartość kryterium.

Pewnym problemem przy normalizacji jest nierównomierny rozkład wartości poszczególnych wskaźników. Bardzo duża (różniaca się od pozostałych) wartość maksymalna danego wskaźnika powoduje, że pozostałe towary uzyskają po normalizacji bardzo małe wartości wskaźnika. Jeżeli do funkcji oceny brane są dwa wskaźniki i w drugim wskaźniku wartości rozkładają się w miarę równomiernie, to ten wskaźnik zdominuje funkcję oceny.

Przykładowo załóżmy, że poszukujemy towarów najbardziej zyskowych.

Towary najbardziej zyskowe	
zysk	50%
rentowność sprzedaży	50%

Zysk i rentowność sprzedaży wpływają na funkcję oceny w równym stopniu. Jak można zaobserwować po wartości znormalizowanej, zysk rozkłada się w miarę równomiernie. Natomiast rentowność została zdominowana przez 4 towary (Tabela 3.7).

Tabela 3.7 Towary o największej rentowności sprzedaży i przynoszące największy zysk poddane standardowej normalizacji

Lp	Nazwa towaru	Znormalizowana rentowność sprzedaży	Nazwa towaru	Znormalizowany zysk
1	OKAP WHIRLPOOL AKR 628 WH@@AKR 628 WH	1,000000	-PRALKA PDC 585@@PDC585	1,000000
2	DEPILATOR+GOL.PHI HP 6415@@HP6415	0,839202	KUCHNIA 1512.31.1@@1512.31.1	0,763232
3	ODKURZACZ HR 6325 PROMOCJA@@HR6325	0,465535	KUCHNIA 3468.71.1@@3468.71.1	0,686628
4	DEPILATOR PHILIPS HP 2836.@@HP2836.	0,395381	-KUCHNIA 3460.61.1@@3460.61.1	0,627030
5	FRYTKOWNICA TEFAL 6122/@@6122	0,221101	-KUCHNIA 3003.61.1@@3003.61.1	0,594131
6	SUSZARKA ROWENTA PH 150@@PH150	0,184100	KUCHNIA 1518.61.1@@1518.61.1	0,579845
7	FILTR POWIETRZA 700.0007.@@0700.0007P	0,115300	ODKURZACZ TYP 1117.6@@1117.6	0,562822
8	PROGRAMATOR A-56@@126.11	0,097950	PRALKA PDN 885.@@PDN885	0,529210
9	FILTR POWIETRZA 1010.0015.@@1010.0015	0,090246	KUCHNIA 1512.61.1@@1512.61.1	0,518496
10	OBUDOWA WYLACZNIKA 96.0016@@0096.0016	0,075665	PRALKA PDS 585@@PDS585	0,485340
11	ISOSTAT 830.0010@@0830.0010	0,067492	CHŁODZIARKA CP 200@@CP200	0,483997
12	FILTR POWIETRZA 900.0011.@@0900.0011	0,062539	KUCHNIA 1510.61.1.@@1510.61.1	0,473457
13	IMBRYK BEZPRZEW.1,7 78706FILT@@78706	0,049615	ODKURZACZ TYP 619.5 WODNIK PI@@619.5	0,467087
14	AMORTYZATOR 224.0103@@0224.0103	0,048975	KUCHNIA 3472.91.8@@3472.91.8	0,429905
15	KORPUS 215.0002@@0215.0002	0,046193	CHŁODZIARKA CZN 340@@CZN340	0,419865
16	PLYTA MONTAZOWA 800.0008@@0800.0008	0,046158	-CHŁODZIARKA CZN 236@@CZN236	0,397592
17	DZWIGNIA II 875.0006@@0875.0006	0,044953	*PRALKA PDP 885@@PDP885	0,373501
18	REGULATOR PODC.49.5006@@0049.5006	0,044311	KUCHNIA 1512.61.1 H01@@1512.61.1H01	0,364698
19	PLOZA PRZEDNIA 54.1017@@0054.1017	0,041046	KUCHNIA 2003.60.1@@2003.60.1	0,332029
20	DZWIGNIA PRZEL.875.0011@@0875.0011	0,040185	KUCHNIA 3469.91.1 A01@@3469.91.1A01	0,313707

Dlatego też połączenie zysków i rentowności w jedną funkcję celu zostało zdominowane przez towary najbardziej zyskowe – 16 towarów na liście należy do najbardziej zyskowych (zostały zaznaczone szarym kolorem w Tabeli 3.8).

Tabela 3.8 Towary o najwyższym współczynniku będącym połączeniem wielokryterialnym rentowności i zysku, poddane standardowej normalizacji

Lp	Nazwa towaru	Suma ważona
1	-PRALKA PDC 585@@@PDC585	0,504987
2	OKAP WHIRLPOOL AKR 628 WH@@@AKR 628 WH	0,501717
3	DEPILATOR+GOL.PHI HP 6415@@@HP6415	0,423145
4	KUCHNIA 1512.31.1@@@1512.31.1	0,386719
5	KUCHNIA 3468.71.1@@@3468.71.1	0,348587
6	-KUCHNIA 3460.61.1@@@3460.61.1	0,318602
7	-KUCHNIA 3003.61.1@@@3003.61.1	0,302162
8	KUCHNIA 1518.61.1@@@1518.61.1	0,295084
9	ODKURZACZ TYP 1117.6@@@1117.6	0,286539
10	PRALKA PDN 885.@@@PDN885	0,269637
11	KUCHNIA 1512.61.1@@@1512.61.1	0,264404
12	PRALKA PDS 585@@@PDS585	0,247698
13	CHŁODZIARKA CP 200@@@CP200	0,247127
14	KUCHNIA 1510.61.1.@@@1510.61.1	0,241874
15	ODKURZACZ TYP 619.5 WODNIK PI@@@619.5	0,238684
16	ODKURZACZ HR 6325 PROMOCJA@@@HR6325	0,234716
17	KUCHNIA 3472.91.8@@@3472.91.8	0,220173
18	CHŁODZIARKA CZN 340@@@CZN340	0,215000
19	-CHŁODZIARKA CZN 236@@@CZN236	0,203850
20	DEPILATOR PHILIPS HP 2836.@@@HP2836.	0,201317

Aby nieco zmniejszyć efekt zdominowania analizy wielokryterialnej przez jedno kryterium, można zastosować zmodyfikowany wzór na normalizację. Wprowadzenie zlogarytmizowanych wartości kryteriów powoduje znacznie „spłaszczenie” wyników normalizacji. Ze względu na to, że logarytm jest funkcją rosnącą, jego wprowadzenie nie powoduje zmian w porządku wyników, ponadto wynik normalizacji dalej będzie się znajdował w przedziale (0,1). Ponieważ funkcja logarytmiczna jest określona tylko dla dziedziny liczb dodatnich, należy przesunąć dziedzinę o moduł z wartości minimalnej. Dodatkowo można, aby uzyskać wartości dodatnie, przesunąć dziedzinę jeszcze o stałą wartość np. 1. Ciekawym problemem (mogącym stanowić dalszy kierunek badań) wydaje się możliwość przesunięcia dziedziny jeszcze o stałą wartość dodatnią, dzięki czemu osiągnąć można większe „spłaszczenie” wyników.

Po wprowadzonych modyfikacjach, wzór na normalizację wygląda następująco (w dalszej części pracy metoda ta nazywana jest normalizacją logarytmiczną):

$$k_{norm} = \frac{\ln(k + \text{abs}(\min) + 1) - \ln(\min + \text{abs}(\min) + 1)}{\ln(\max + \text{abs}(\min) + 1) - \ln(\min + \text{abs}(\min) + 1)}$$

k , \min , \max – jak wyżej;

$\text{abs}()$ – funkcja zwracająca wartość bezwzględną liczby.

Wyniki zastosowania wielokryterialnej analizy, przedstawiono w Tabelach 3.9 i 3.10. Można zaobserwować, że sposób normalizacji wpływa w znacznym stopniu na uzyskane wyniki w kolumnie *Normalizacja*. Przy wykorzystaniu funkcji logarytmicznej, mniejsze znaczenie ma wartość maksymalna danego wskaźnika, natomiast większe, jego wartość minimalna.

Tabela 3.9 Towary o największej rentowności sprzedaży i przynoszące największy zysk poddane logarytmicznej normalizacji

Lp	Nazwa towaru	Normalizacja	Nazwa towaru	Normalizacja
1	-PRALKA PDC 585@@@PDC585	1,000000	OKAP WHIRLPOOL AKR 628 WH@@@AKR 628 WH	1,000000
2	KUCHNIA 1512.31.1@@@1512.31.1	0,977579	DEPILATOR+GOL.PHI HP 6415@@@HP6415	0,962951
3	KUCHNIA 3468.71.1@@@3468.71.1	0,968845	ODKURZACZ HR 6325 PROMOCJA@@@HR6325	0,839022
4	-KUCHNIA 3460.61.1@@@3460.61.1	0,961369	DEPILATOR PHILIPS HP 2836.@@@HP2836.	0,804893
5	-KUCHNIA 3003.61.1@@@3003.61.1	0,956942	FRYTKOWNICA TEFAL 6122/@@@6122	0,684647
6	KUCHNIA 1518.61.1@@@1518.61.1	0,954946	SUSZARKA ROWENTA PH 150@@@PH150	0,647279
7	ODKURZACZ TYP 1117.6@@@1117.6	0,952504	FILTR POWIETRZA 700.0007.@@@0700.0007P	0,553433
8	PRALKA PDN 885.@@@PDN885	0,947466	PROGRAMATOR A-56@@@126.11	0,521428
9	KUCHNIA 1512.61.1@@@1512.61.1	0,945796	FILTR POWIETRZA 1010.0015.@@@1010.0015	0,505517
10	PRALKA PDS 585@@@PDS585	0,940408	OBUDOWA WYLACZNIKA 96.0016@@@0096.0016	0,471716
11	CHŁODZIARKA CP 200@@@CP200	0,940182	ISOSTAT 830.0010@@@0830.0010	0,450130
12	KUCHNIA 1510.61.1.@@@1510.61.1	0,93839	FILTR POWIETRZA 900.0011.@@@0900.0011	0,435902
13	ODKURZACZ TYP 619.5 WODNIK PI@@@619.5	0,937289	IMBRYK BEZPRZEW.1,7 78706FILT@@@78706	0,393577
14	KUCHNIA 3472.91.8@@@3472.91.8	0,930558	AMORTYZATOR 224.0103@@@0224.0103	0,391247
15	CHŁODZIARKA CZN 340@@@CZN340	0,928645	KORPUS 215.0002@@@0215.0002	0,380809
16	-CHŁODZIARKA CZN 236@@@CZN236	0,924242	PLYTA MONTAZOWA 800.0008@@@0800.0008	0,380675
17	*PRALKA PDP 885@@@PDP885	0,919208	DZWIGNIA II 875.0006@@@0875.0006	0,375986
18	KUCHNIA 1512.61.1 H01@@@1512.61.1H01	0,917291	REGULATOR PODC.49.5006@@@0049.5006	0,373445
19	KUCHNIA 2003.60.1@@@2003.60.1	0,909775	PLOZA PRZEDNIA 54.1017@@@0054.1017	0,360037
20	KUCHNIA 3469.91.1 A01@@@3469.91.1A01	0,905249	DZWIGNIA PRZEL.875.0011@@@0875.0011	0,356356

Można zaobserwować, że przedstawione w Tabeli 3.10 towary, różnią się kolejnością w porównaniu z Tabelą 3.8. Świadczy to o tym, że wybór metody normalizacji może w znacznym stopniu zmienić uzyskiwane w analizie wielokryterialnej wyniki do tego stopnia, że dominujące w Tabeli 3.8 towary najbardziej zyskowe, nie znalazły się nawet w pierwszej dziesiątce w Tabeli 3.10. Trudno jest ocenić, która metoda normalizacji jest skuteczniejsza, a więc pozwala na uszeregowanie towarów zgodnie z oczekiwaniami decydenta. Istotne jest, aby był on świadomy, że stosując różne typy normalizacji uzyskuje różne rezultaty – pozwoli mu to na właściwą interpretację wyników.

Tabela 3.10. Towary o najwyższym współczynniku będącym połączeniem wielokryterialnym rentowności i zysku, poddane logarytmicznej normalizacji

Lp	Nazwa towaru	Suma wazona
1	OKAP WHIRLPOOL AKR 628 WH@@AKR 628 WH	0,842062
2	DEPILATOR+GOL.PHI HP 6415@@HP6415	0,829362
3	ODKURZACZ HR 6325 PROMOCJA@@HR6325	0,762354
4	DEPILATOR PHILIPS HP 2836.@@HP2836.	0,750580
5	FRYTKOWNICA TEFAL 6122/@@6122	0,683133
6	SUSZARKA ROWENTA PH 150@@@PH150	0,661688
7	FILTR POWIETRZA 1010.0015.@@@1010.0015	0,625912
8	FILTR POWIETRZA 700.0007.@@@0700.0007P	0,614936
9	PROGRAMATOR A-56@@@126.11	0,600466
10	WLOKNINA FILTRUJACA DO OK.@@@108.10	0,578089
11	-PRALKA PDC 585@@@PDC585	0,577627
12	OBUDOWA WYLACZNIKA 96.0016@@@0096.0016	0,571864
13	FILTR POWIETRZA 900.0011.@@@0900.0011	0,569192
14	KUCHNIA 1512.31.1@@@1512.31.1	0,567687
15	ISOSTAT 830.0010@@@0830.0010	0,566849
16	KUCHNIA 3468.71.1@@@3468.71.1	0,565155
17	-KUCHNIA 3460.61.1@@@3460.61.1	0,559412
18	-KUCHNIA 3003.61.1@@@3003.61.1	0,557298
19	KUCHNIA 1518.61.1@@@1518.61.1	0,557011
20	ODKURZACZ TYP 1117.6@@@1117.6	0,555423

Normalizacja logarytmiczna przenosi wyniki zestawienia w przedział (0,1), z tym, że często występuje taka sytuacja, gdzie wszystkie wartości za wyjątkiem 0 są skupione w przedziale (a,1), gdzie a jest znacznie większe od 0, np. a=0,6. W takim przypadku sensownym wydaje się dwustopniowa normalizacja. W realizowanym systemie zaimplementowano normalizację, w której pierwszym etapem jest normalizacja logarytmiczna, drugim natomiast, standardowa normalizacja, z tym, że jako minimum

przyjmuje się wartość najmniejszą, wyłączając zero, w wyniku czego uzyskuje się bardziej równomierny rozkład wartości – przedział $(a,1)$ zostaje rozciągnięty na przedział $(0,1)$.

3.2.3. Przykłady łączenia wskaźników w analizie wielokryterialnej

W dalszej części pracy przedstawiono propozycje przyporządkowania wskaźników do poszczególnych celów, z uwzględnieniem wag odpowiadających wpływowi wskaźnika na końcową wartość funkcji celu. Wagi przyporządkowane do poszczególnych wskaźników są podane w procentach i ich wartości bezwzględne sumują się do 100. Wszystkie wielokryterialne zestawienia zostały znormalizowane metodą podwójną – najpierw logarytmicznie a następnie standardowo.

Pierwsza propozycja dotyczy połączenia wskaźnika zysku z wskaźnikiem rentowności. Dobór wag dla tych dwóch kryteriów zależy od tego, na który wskaźnik analityk chce położyć większy nacisk.

Towary najbardziej zyskowe	
zysk	50%
rentowność sprzedaży	50%

Wskaźnik rentowności sprzedaży określa procentowy zysk ze sprzedaży towaru, nie można jednak wywnioskować na jego podstawie wielkości zysku. Dlatego też można połączyć go ze wskaźnikiem zysku. Wyniki zostały przedstawione przy analizie funkcji normalizacyjnej w Tabeli 3.8 i Tabeli 3.10. Uzyskanych rezultatów nie można jednak uznać za wnoszące wiele nowych informacji, gdyż w wyniku analizy wielokryterialnej, uzyskano listę towarów, na której znajdują się towary z dwóch list powstałych w wyniku analizy jednokryterialnej.

Poniżej przedstawiono przykład wykorzystania analizy wielokryterialnej, w wyniku której zostały znalezione towary, które nie znajdowały się na żadnej z list analizy jednokryterialnej. Taka możliwość jest najbardziej korzystna, ponieważ pozwala menedżerowi na znalezienie towarów, które zostałyby pominięte w analizie jednokryterialnej, a połączenie kilku cech, wskazuje na ich istotność. W tym przypadku menedżer poszukuje towarów rentownych o dużej sprzedawalności.

Towary najbardziej rentowne o dużej sprzedawalności	
sprzedaż	50%
rentowność	50%

Tabela 3.11 Towary najbardziej rentowne (prawa strona) oraz o dużej sprzedawalności (lewa strona)

Lp	Nazwa	wartość [zł]	Nazwa towaru	Rentowność sprzedaży
1	UBRANIE TYP SZWEDZKI@@*	311 974,79 zł	*=ZNAKI INFORM. 405 KFOL	18096,15%
2	UBRANIE TYP SZWEDZKI	229 939,29 zł	*=TABL.URZADZ.EL.560 IFOL	13833,33%
3	REKAWICE WZM.SKORA@@R-0009	165 953,95 zł	*=NALEPKI OSTRZEG. 598/6 CFOL	6644,44%
4	KOSZULA FLANELOWA@K-0014	164 370,17 zł	*=ZNAKI NAKAZU BHP 302 AFOL@@=-1390	4718,52%
5	TRZEWIKI ROBOCZE OLEJ.@@T-0001	161 640,57 zł	*=NALEPKI OSTRZEG. 598/20 BFOL	4538,46%
6	UBRANIE TYP SZWEDZKI@U-0009	158 044,90 zł	TORBA.@@*	3305,08%
7	KOSZULA IKEA@@*	111 999,40 zł	*=TABL.URZADZ.EL.500/8 BFOL@@=-0217	2879,63%
8	CARDIGAN	85 565,18 zł	*=PIKTOGRAMY OGOLNE 2016 BFOL@@=-0386	2305,56%
9	BUTY GUMA-FILC@@B-0010	77 568,72 zł	*=ZNAKI NAKAZU BHP 304 AFOL@@=-0018	1977,78%
10	REKAWICE DREL.Z/W@@R-0017	76 842,35 zł	*=TABL.URZADZ.EL.560 KFOL	1919,12%
11	KOSZULKI POLO@K-0033	71 724,90 zł	*=PIKTOGRAMY OGOLNE 2013 AFOL@@=-0358	1889,49%
12	CARDIGAN.@@*	68 163,60 zł	*=ZNAKI P.POZ. 29/1 B1FOL	1844,44%
13	KURTKA PRZECIWDESZCZ.@K-0035	66 840,38 zł	*=ZNAKI P.POZ. 31/1 B1FOL	1844,44%
14	RECZNIKI KAPIELOWE@R-0002	57 496,78 zł	*=ZNAKI BEZPIECZ.597/1 5X5 FOL	1461,54%
15	UBRANIE OCIEPLANE@@*	55 766,16 zł	:PODKLADKA MB-5	1185,90%
16	UBRANIE OCIEPLANE@U-0019	54 654,90 zł	:PIERSCIEN OSADCZY Z 24	1171,55%
17	[TKANINA IKEA-KOSZULA	53 551,37 zł	/PROSZEK DO PRANIA 300 GR	1100,00%
18	BUTY GUMOWE@B-0001	53 326,21 zł	:PIERSCIEN OSADCZY Z 16	1100,00%
19	REKAWICE WZM.SKORA LICOWA@@R-0014	51 118,45 zł	*=TABLICE 903/3 BPCV	1074,07%
20	[TKANINA KLOPMAN KOLOR-CPN	50 788,96 zł	*=TABL.URZADZ.EL.560/11 BFOL	1000,00%

W Tabeli 3.11 przedstawiono wyniki analizy 20 towarów o największej sprzedawalności (prawa strona tabeli) oraz o najwyższym wskaźniku rentowności (lewa strona tabeli). Po przeprowadzeniu dwustopniowej normalizacji i agregacji danych w jeden wskaźnik, uzyskano listę towarów przedstawioną w Tabeli 3.12. Ciemno szarym kolorem zaznaczono towary, które znajdowały się w tabeli najbardziej rentownych towarów, białym kolorem towary o największej wartości sprzedaży. Jasno szarym kolorem zostały zaznaczone towary, które nie znalazły się w Tabeli 3.11. Wszystkie cztery *FREZY* są towarami o wysokim współczynniku rentowności (ponad 700%), jednak nie zmieściły się na liście najbardziej rentownych. Należą

również do towarów dobrze sprzedających się (FREZ A 161.503.85, FREZ B 161.504.85 po 18,5 tys. zł; FREZ PULMAX B, FREZ PULMAX C po 8,5 tys. zł), jednak również nie znalazły się na liście 20 towarów o największej wartości sprzedaży. Mogłyby więc zostać pominięte przez analityka określającego grupę towarów strategicznych dla firmy.

Tabela 3.12 Towary najbardziej rentowne o dużej sprzedawalności

Lp	Nazwa towaru	Suma ważona
1	*=ZNAKI INFORM. 405 KFOL	0,725572
2	*=NALEPKI OSTRZEG. 598/6 CFOL	0,691944
3	*=TABL.URZADZ.EL.560 IFOL	0,682572
4	UBRANIE TYP SZWEDZKI@@*	0,607103
5	:FREZ A 161.503.85	0,579481
6	:FREZ B 161.504.85	0,579481
7	TORBA.@@*	0,579188
8	UBRANIE TYP SZWEDZKI	0,568134
9	KOSZULA IKEA@@*	0,564180
10	UBRANIE TYP SZWEDZKI@@U-0009	0,558750
11	:FREZ PULMAX B	0,552993
12	:FREZ PULMAX C	0,552993
13	KOSZULA FLANELOWA@@K-0014	0,551718
14	*=ZNAKI NAKAZU BHP 302 AFOL@@=-1390	0,551228
15	REKAWICE WZM.SKORA@@R-0009	0,549102
16	TRZEWIKI ROBOCZE OLEJ.@@T-0001	0,547774
17	*=NALEPKI OSTRZEG. 598/20 BFOL	0,544389
18	CARDIGAN	0,543782
19	CARDIGAN.@@*	0,542566
20	KOSZULKI POLO@@K-0033	0,541245

Istotne dla analityka może być znalezienie towarów przynoszących duże zyski, przy równoczesnym małym obrocie. Można w tym celu wykorzystać zagregowanie dwóch wskaźników, z tym że wskaźnik obrotów będzie miał wartość ujemną. Wyniki analizy przedstawiono w Tabeli 3.13.

Towary najbardziej zyskowe o małych obrotach	
Zysk	50%
Obroty	-50%

Tabela 3.13 Towary najbardziej zyskowne o małych obrotach

Lp	Nazwa towaru	Suma ważona
1	KUCHNIA 1512.31.1@@1512.31.1	0,471667
2	KUCHNIA 3468.71.1@@3468.71.1	0,459467
3	KUCHNIA 1518.61.1@@1518.61.1	0,442537
4	ODKURZACZ TYP 1117.6@@1117.6	0,439380
5	PRALKA PDN 885@@PDN885	0,433619
6	KUCHNIA 1512.61.1@@1512.61.1	0,431503
7	PRALKA PDS 585@@PDS585	0,424698
8	CHŁODZIARKA CP 200@@CP200	0,423664
9	KUCHNIA 1510.61.1@@1510.61.1	0,422051
10	ODKURZACZ TYP 619.5 WODNIK PI@@619.5	0,420659
11	KUCHNIA 3472.91.8@@3472.91.8	0,412183
12	CHŁODZIARKA CZN 340@@CZN340	0,409733
13	KUCHNIA 1512.61.1 H01@@1512.61.1H01	0,395359
14	KUCHNIA 2003.60.1@@2003.60.1	0,385975
15	KUCHNIA 3469.91.1 A01@@3469.91.1A01	0,379976
16	CHŁODZIARKA CZ 250@@CZ250	0,379558
17	ODKURZACZ TYP 1117.5@@1117.5	0,379315
18	PRALKA PDN 685@@PDN685	0,368261
19	CHŁODZIARKA CZ 200@@CZ200	0,368208
20	KUCHNIA 3460.81.1@@3460.81.1	0,367843

Jeżeli analityk poszukuje towarów najbardziej zyskownych, lecz o małej rotacji – można więc wnioskować, że chodzi o towary o dużym koszcie jednostkowym, może zastosować wskazane wskaźniki, z tym że rotacja będzie miała wagę ujemną.

Towary najbardziej zyskowne o małej rotacji	
zysk	50%
Rotacja	-50%

Przy analizie zyskowności sprzedaży, należy również uwzględnić, jaki był poziom zapasów badanych towarów i jaka jest wartość wskaźnika zalegania. Uzyskana lista towarów (Tabela 3.14) pokazuje towary, które przynoszą zyski i nie wymagają dużych nakładów, związanych z szeroko pojętymi kosztami magazynowania. Ich dokładna analiza może być przydatna przy określaniu parametrów zamówień dla innych towarów.

Towary najbardziej zyskowe o małym współczynniku zalegania magazynowego	
Zysk	50%
zaleganie magazynowe	-25%
średni zapas	-25%

Tabela 3.14 Towary najbardziej zyskowe o małym współczynniku zalegania magazynowego

Lp	Nazwa towaru	Suma ważona
1	PRALKA PDH 585@@PDH585	0,528768
2	KUCHNIA 1512.31.1@@1512.31.1	0,461222
3	-PRALKA PDC 585@@PDC585	0,456397
4	-KUCHNIA 3460.61.1@@3460.61.1	0,456393
5	-KUCHNIA 3003.61.1@@3003.61.1	0,455363
6	PRALKA PDS 585@@PDS585	0,443566
7	KUCHNIA 3468.71.1@@3468.71.1	0,437064
8	KUCHNIA 1518.61.1@@1518.61.1	0,437040
9	PRALKA PDN 885.@@PDN885	0,426669
10	KUCHNIA 1512.61.1@@1512.61.1	0,424114
11	CHŁODZIARKA CP 140@@CP140	0,420568
12	CHŁODZIARKA CZ 250@@CZ250	0,416736
13	KUCHNIA 1510.61.1.@@1510.61.1	0,413758
14	KUCHNIA 2003.60.1@@2003.60.1	0,404187
15	CHŁODZIARKA CZ 200@@CZ200	0,394955
16	KUCHNIA 3460.81.1@@3460.81.1	0,391365
17	KUCHNIA 3472.91.8@@3472.91.8	0,387085
18	KUCHNIA 3469.91.1 A01@@3469.91.1A01	0,386294
19	*KUCHNIA 3483.91.8A01@@3483.91.8A01	0,379732
20	KUCHNIA 1514.61.1@@1514.61.1	0,375287

Towary, które najbardziej zalegają w magazynie oraz mają najmniejszą wartość wskaźnika rentowności sprzedaży oraz zysku, można uznać za przynoszące największą stratę. Po uzyskaniu listy towarów przedstawionej w Tabeli 3.15, należy przeprowadzić analizę każdego z nich osobno. Ponieważ aż cztery czynniki wpływają na wynik tej analizy, więc należy przyjrzeć się tym towarom korzystając z arkusza, w którym zebrane są wszystkie zestawienia. Przykładowo pierwszy towar z listy charakteryzuje się bardzo wysokim średnim zapasem oraz dużą wartością współczynnika zalegania magazynowego. Drugi na liście nie zalega w magazynie, natomiast jego średni zapas w przeszłości był bardzo wysoki, dodatkowo charakteryzuje się niskim współczynnikiem rentowności i niewielką

zyskownością. Na tych przykładach widać, że analiza wielokryterialna służy bardziej do wyszukania towarów z magazynu o pewnej charakterystyce określonej przez poszczególne kryteria, niż do szczegółowej analizy danego towaru.

Towary przynoszące największą stratę	
zysk	-20%
rentowność sprzedaży	-20%
średni zapas	30%
zalegania magazynowe	30%

Tabela 3.15 Towary przynoszące największą stratę

Lp	Nazwa towaru	Suma ważona
1	CISNIENIOMIERZ ELE.BP1000 BRAU@@BP1000	0,314060
2	CHLÓDZ-ZAMR.WHIRLPOOL ART419/G@@ART419/G	0,197105
3	TERMOMETR BRAUN IRT 3020@@IRT3020	0,049337
4	ODKURZACZ TYP 1117.6 PROMOCJA@@1117.6	0,041504
5	-CHLÓDZ-ZAMR.BRANDT COMBI 3156@@3156	0,019657
6	-KUCHNIA 3003.61.1 H01@@3003.61.1H01	0,013634
7	-CHLÓDZIARKA CZN 236@@CZN236	0,013319
8	*PRALKA PDN 885@@PDN885	0,005369
9	PATELNICIA CLASSIC PREMIER 24CM@@43304	-0,010521
10	PRALKA CANDY CI 101XTR@@CI101XTR	-0,012997
11	-CHLÓDZIARKA CZW 250@@CZW250	-0,014571
12	PRALKA AWV 515 IGNIS@@AWV515	-0,016188
13	CHLÓDZ-ZAMR.WHIRLPOOL ART871/G@@ART871/G	-0,016990
14	PSM KUCHNIA 3473.61.1@@3473.61.1	-0,017990
15	ODKURZACZ TYP 619.5 WODNIK PI@@619.5	-0,019461
16	KUCHNIA 3731.91.3A01@@3731.91.3A01	-0,019493
17	PRALKA CANDY CSI 635XTR@@CSI635XTR	-0,019838
18	CISNIENIOMIERZ ELE.BP1500 BRAU@@BP1500	-0,025858
19	CHLÓDZIARKA CANDY CF 36/10F@@CF36/10F	-0,026871
20	IMBRYK BEZP.ROWENTA KE 222 CZ@@KE222	-0,028142

Analiza stanów magazynowych jest niezwykle istotna ze względu na możliwość zmniejszenia kosztów magazynowania. Zaleganie towaru w magazynie powinno uwzględniać przeszłe stany magazynowe, a więc średni zapas, a także wskaźnik zalegania magazynowego, a więc jak długo leżą w magazynie towary, znajdujące się w nim obecnie oraz obecny stan zapasu w magazynie. Sposób zamawiania towarów, które znalazły się na liście w Tabeli 3.16 powinien zostać zweryfikowany.

Towary najbardziej zalegające w magazynie	
stan magazynu	30%
zaleganie magazynowe	40%
średni zapas	30%

Tabela 3.16 Towary najbardziej zalegające w magazynie

Lp	Nazwa towaru	Suma ważona
1	CISNIENIOMIERZ ELE.BP1000 BRA@@BP1000	0,758373
2	-CHŁODZIARKA CZN 236@@CZN236	0,558325
3	-CHŁODZIARKA CZW 250@@CZW250	0,445257
4	*PRALKA PDP 885@@PDP885	0,370163
5	CHŁODZ-ZAMR.WHIRLPOOL ART419/G@@ART419/G	0,300000
6	-KUCHNIA 3003.61.1 H01@@3003.61.1H01	0,291337
7	KUCHNIA 1512.61.1 H01@@1512.61.1H01	0,287269
8	*PRALKA PDN 885@@PDN885	0,278364
9	PRALKA PDN 685@@PDN685	0,275684
10	PRALKA PDT 585@@PDT585	0,249230
11	ODKURZACZ TYP 619.5 WODNIK PI@@619.5	0,236844
12	CHŁODZIARKA CZN 286@@CZN286	0,234457
13	KUCHNIA 3479.91.1@@3479.91.1	0,213905
14	-CHŁODZ-ZAMR.BRANDT COMBI 3156@@3156	0,204403
15	KUCHNIA 7347.01.1@@7347.01.1	0,198949
16	CHŁODZIARKA CZP 346@@CZP346	0,194124
17	CHŁODZIARKA CZN 340@@CZN340	0,177954
18	CHŁODZIARKA CZP 250@@CZP250	0,176775
19	PSM PRALKA PF-500 E MASTERCOOK@@PF500E	0,174480
20	-PRALKA PF-400 MASTERCOOK@@PF400	0,168567

Przydatnym wydaje się być odszukanie w magazynie towarów, które są sprzedawane w dużych ilościach, ale równocześnie zalegają w magazynie. Być może zmiana metod zamawiania poprawi ich wskaźniki zalegania.

Towary najbardziej zalegające w magazynie o dużej sprzedawalności	
sprzedaż	70%
stan magazynu	10%
zaleganie magazynowe	10%
średni zapas	10%

Tabela 3.17 Towary najbardziej zalegające w magazynie o dużej sprzedawalności

Lp	Nazwa towaru	Suma ważona
1	-CHŁODZIARKA CZN 236@@@CZN236	0,792731
2	CISNIENIOMIERZ ELE.BP1000 BRA@@@BP1000	0,733135
3	*PRALKA PDP 885@@@PDP885	0,731765
4	-PRALKA PDC 585@@@PDC585	0,729136
5	-CHŁODZIARKA CZW 250@@@CZW250	0,724495
6	KUCHNIA 1512.61.1 H01@@@1512.61.1H01	0,724301
7	PRALKA PDN 685@@@PDN685	0,707678
8	ODKURZACZ TYP 619.5 WODNIK PI@@@619.5	0,698236
9	ODKURZACZ TYP 1117.6@@@1117.6	0,681265
10	CHŁODZIARKA CZN 340@@@CZN340	0,679779
11	CHŁODZIARKA CZP 250@@@CZP250	0,676629
12	CHŁODZIARKA CP 200@@@CP200	0,671798
13	KUCHNIA 1512.31.1@@@1512.31.1	0,665862
14	CHŁODZIARKA CZN 286@@@CZN286	0,657567
15	PRALKA PDN 885.@@@PDN885	0,650318
16	KUCHNIA 3468.71.1@@@3468.71.1	0,648601
17	-KUCHNIA 3460.61.1@@@3460.61.1	0,648265
18	PRALKA PDT 585@@@PDT585	0,648159
19	-PRALKA PF-400 MASTERCOOK@@@PF400	0,643347
20	-KUCHNIA 3003.61.1@@@3003.61.1	0,641359

Jeżeli analityka interesują towary o największej rotacji, powinien uwzględnić również wielkość sprzedaży oraz obroty danego towaru. Towary, które znalazły się w Tabeli 3.18 charakteryzują się dużą rotacją, która może wynikać z dwóch przyczyn – rzeczywista duża sprzedawalność towaru tj. w przypadku PRALKI PDC 585 lub sprzedaż dużej ilości towaru zaraz po dostawie tj. w przypadku CEWKI GBW 04 oraz RURKI SOKOWNIKA. Informacje te można wywnioskować na podstawie analizy poszczególnych wskaźników dla każdego z wymienionych towarów.

Towary o największej rotacji	
sprzedaż	25%
obroty	25%
rotacja	50%

Tabela 3.18 Towary o największej rotacji

Lp	Nazwa towaru	Suma ważona
1	CEWKA GBW 04@@@016.13	0,605309
2	RURKA SOKOWNIKA GUMOWA@@@20.46	0,548514
3	-PRALKA PDC 585@@@PDC585	0,500149
4	POKRETLO K7 5600.002.10.2@@@401116031	0,496568
5	RUSZT DRUCIANY POLOWKA ORGINAL@@@401117040	0,339497
6	-PRALKA PF-400 MASTERCOOK@@@PF400	0,314254
7	PSM KUCHNIA 3005.61.1@@@3005.61.1	0,301228
8	-KUCHNIA 3460.61.1@@@3460.61.1	0,298760
9	KUREK JEDNODR.SABAF FI27@@@401319027	0,297059
10	-KUCHNIA 3003.61.1@@@3003.61.1	0,292251
11	*PRALKA PDP 885@@@PDP885	0,290949
12	CHLODZIARKA CZN 306 UPUST40%@@@CZN306UP	0,278367
13	-CHLODZIARKA CZN 236@@@CZN236	0,277546
14	*KUCHNIA 3483.91.8A01@@@3483.91.8A01	0,263923
15	CHLODZIARKA CZN 306@@@CZN306	0,260709
16	-CHLODZIARKA CZW 250@@@CZW250	0,259597
17	*PRALKA PF-700 E MASTERCOOK@@@PF700E	0,251780
18	CHLODZIARKA CZN 280@@@CZN280	0,245843
19	ROBOT 181.7@@@181.7	0,237541
20	KUCHNIA 1512.31.1@@@1512.31.1	0,236614

Analiza sprzedaży i zakupów towarów z wykorzystaniem wielokryterialności, daje możliwość łączenia kilku cech towarów w jedno zagregowane kryterium. Powinna być prowadzona dla baz danych o dużej ilości towarów w przypadku, gdy analityk nie jest w stanie dokonać analizy każdego towaru z osobna. Odpowiednie łączenie cech towarów wraz z dobieraniem wag (w tym również ujemnych) stanowi główny problem w analizie wielokryterialnej. Jak to wykazano na przykładach, w niektórych przypadkach przynosi efekty łączenie podobnych cech (np. wartość wskaźnika zalegania oraz średniego zapasu) w innych łączenie cech nie związanych ze sobą (tj. w przypadku poszukiwania towarów przynoszących największą stratę, połączono wskaźniki rentowności i zysku ze wskaźnikami zalegania magazynowego i średniego zapasu). Przedstawione rozwiązania są jedynie propozycją, która może być rozważona przez analityka. Nie istnieje bowiem gotowy zbiór zestawień wielokryterialnych, które odpowiadałyby wszystkim menedżerom. Każde przedsiębiorstwo kieruje się określonymi celami i to one powinny stymulować wybór zestawień, przydatnych w konkretnym środowisku firmy (Bieńkowska i inni, 1999).

Warte podkreślenia jest, że analiza wielokryterialna powinna być prowadzona w połączeniu z analizą jednokryterialną. Takie połączenie daje jaśniejszy obraz wyników.

Zastosowanie analizy wielokryterialnej jest w pełni uzasadnione w dwóch przypadkach. Gdy uzyskana lista towarów w wyniku połączenia kilku kryteriów nie jest tylko połączeniem towarów znajdujących się na czołowych pozycjach na poszczególnych listach. Powinna ona służyć do wyszukania tych towarów, których wartość sumarycznej funkcji oceny jest wysoka, natomiast wartości poszczególnych kryteriów nie umiejscawiają towaru na czołowych lokatach, więc nie zwracają również uwagi analityków. Drugi przypadek dotyczy znalezienia towarów, które mają wysoką wartość cechy „pozytywnej” (np. zysku) i niską wartość cechy „negatywnej” (np. średniego zapasu). Agregacja tych wskaźników w jedno kryterium, w taki sposób, że wskaźnik „pozytywny” otrzymuje dodatnią wagę, natomiast wskaźnik „negatywny” ujemną pozwala na usunięcie z czołowych lokat listy towarów tylko pozornie korzystnych dla przedsiębiorstwa (np. o dużej wartości zysku przy wysokim poziomie wskaźnika średniego).

3.3. Wykorzystanie AG przy prognozowaniu popytu

3.3.1. Prognozowanie

3.3.1.1. Podstawowe pojęcia używane przy prognozowaniu

Prognozowanie jest to przewidywanie kształtowania się zjawisk i procesów w przyszłości. Przedmiotem prognozowania mogą być procesy demograficzne, społeczne, gospodarcze, techniczne itp. Ponieważ zakres tej pracy dotyczy zjawisk gospodarczych, więc pojęcie prognozowania zostanie ograniczone do prognozowania gospodarczego. Jako wynik procesu prognozowania powstaje prognoza, będąca sądem o przyszłych stanach zjawisk i zdarzeń. Przeszkodą w prawidłowym określaniu skali i kierunków zmian zjawisk zachodzących w gospodarce, zwłaszcza w długich okresach, stanowi uzależnienie ich procesów od różnorodnych czynników gospodarczych. Ze względu na możliwość oddziaływania obiektu prognozy na te czynniki, dzielimy je na:

- czynniki egzogeniczne (zewnętrzne), na które decydenci nie mają wpływu, a które należy uwzględnić podczas prognozowania jako pewne zewnętrzne oddziaływania na przebieg zjawisk i procesów gospodarczych,
- czynniki endogeniczne (wewnętrzne), będące elementami badanego obiektu, które mogą być kształtowane przez decydentów.

Jednym z kryteriów podziału prognoz gospodarczych jest horyzont czasowy prognozy. Można tu wyróżnić trzy rodzaje prognoz:

- prognozy krótkoterminowe – nie przekraczające jednego roku;
- prognozy średnioterminowe – od 1 do 3 lat;
- prognozy długoterminowe (długookresowe) – powyżej 3 lat.

Wciąż rosnąca dynamika zjawisk gospodarczych powoduje, że prognozy, które kiedyś uważane były za krótkoterminowe obecnie stają się średnioterminowymi.

Innym kryterium klasyfikacji prognoz gospodarczych, związanych z horyzontem czasowym prognozy, są funkcje jakie spełnia dana prognoza. Uwzględniając to kryterium, prognozy dzieli się na:

- prognozy operacyjne – obejmują planowanie operatywne oraz bieżące decyzje gospodarcze;
- prognozy strategiczne – nazywane także prognozami rozpoznawczymi. Są to prognozy o długim horyzoncie czasowym. Ich zadaniem jest stworzenie podstaw do podejmowania długofalowych decyzji gospodarczych.

Innym kryterium klasyfikacji prognoz gospodarczych jest charakter prognozowanych zjawisk. Można tu wyróżnić:

- prognozy punktowe, które przedstawiają określoną wartość jaką przyjmie zmienna prognozowana;
- prognozy przedziałowe, które określa się w postaci przedziału liczbowego, w którym znajdzie się wartość zmiennej prognozowanej.

Przy prognozowaniu wyróżnia się dwa pojęcia: okres prognozy oraz horyzont prognozy. Pierwsze z nich oznacza okres, którego prognoza dotyczy, drugie zaś nazwę lub numer najdalszego okresu, dla którego prognoza jest budowana.

Proces prognozowania gospodarczego składa się z następujących etapów (Nowak, 1998):

- definicji problemu prognostycznego;
- zebrania danych;
- wyboru metody prognozowania;
- postawienia prognozy;
- weryfikacji prognozy.

Prognozowanie popytu stanowi jedną z najpopularniejszych gałęzi prognozowania gospodarczego. Stanowi ono jeden z istotnych czynników w procesie podejmowania decyzji taktyczno-operacyjnych, jak również strategicznych w przedsiębiorstwie. Prognozowanie popytu służy w szczególności tworzeniu planu biznesowego, oddziałuje na plany produkcji i wielkość zapasów, a także na projektowany przepływ gotówki i wydatki kapitałowe.

3.3.1.2. Ocena dokładności prognoz

Procesy gospodarcze, dla których wyznaczane są prognozy, mają zazwyczaj charakter stochastyczny. Dlatego przyjmuje się z góry możliwość wystąpienia odchylenia rzeczywistych wartości zmiennej prognozowanej od postawionych prognoz. Dwoma podstawowymi

rodzajami mierników dokładności i trafności prognoz są: wyliczenie błędu prognozy *ex ante* oraz wyliczenie błędu prognozy *ex post*.

Wartość błędu *ex ante* jest wyliczana w momencie budowy prognozy, dlatego też jej prawdziwość może zostać zweryfikowana dopiero po upływie okresu, do którego odnosi się prognozę.

Do oceny trafności prognoz używa się błędu *ex post*. Można tu wyróżnić:

- bezwzględny błąd prognozy *ex post*, obliczanej na moment t :

$$q_t = y_t - y_t^*$$

- względny błąd prognozy *ex post*, obliczanej na moment t :

$$\psi_t = \frac{y_t - y_t^*}{y_t} \cdot 100\%$$

- średni bezwzględny błąd prognozy *ex post* dla okresów $t = n+1, \dots, T$

$$\bar{q} = \frac{1}{T-n} \sum_{t=n+1}^T q_t$$

- średni kwadratowy błąd prognozy *ex post*:

$$s = \sqrt{\frac{1}{T-n} \sum_{t=n+1}^T q_t^2}$$

3.3.1.3. Metody prognozowania popytu

Metody prognozowania można podzielić na ilościowe i jakościowe. Metody ilościowe są oparte na formalnym modelu prognostycznym, zbudowanym na podstawie danych dotyczących kształtowania się wartości zmiennej prognozowanej i zmiennych objaśniających w przeszłości. Wśród metod ilościowych można wyróżnić:

- prognozowanie na podstawie szeregu czasowego;
- prognozowanie z wykorzystaniem modeli ekonometrycznych;
- prognozowanie z wykorzystaniem innych modeli (np. analogowych, opartych na analizie kohortowej).

1. Metody ilościowe prognozowania popytu

Składowe szeregu czasowego to: trend, stały średni poziom, wahania cykliczne, wahania przypadkowe. Czasami wyróżnia się również wahania sezonowe. Zarówno wahania cykliczne, jak i sezonowe, charakteryzują się okresowością – różnica polega na tym, że sezonowość jest powiązana z konkretnymi okresami kalendarzowymi.

Wśród modeli szeregów czasowych ze stałym poziomem zmiennej prognozowanej, można wyróżnić modele naiwne, modele średniej ruchomej, modele wygładzania wykładniczego. Najprostszymi modelami uwzględniającymi zmienność w czasie są modele szeregów czasowych z trendem. Wyróżnia się trend liniowy, wykładniczy, logarytmiczny, wielomianowy, opisany funkcją logistyczną i inne. Parametry wymienionych funkcji przedstawiających dany trend można szacować różnymi metodami. Najczęściej stosowana analityczna metoda estymacji tych wartości – klasyczna metoda najmniejszych kwadratów, umożliwia oszacowanie parametrów wszystkich pozostałych funkcji, z wyjątkiem funkcji logistycznej. Większość znanych metod oszacowania parametrów funkcji logistycznej (m.in. Hotellinga, Marquardta, Hellwiga) opiera się na pewnych uproszczeniach i ma charakter przybliżony (Dittmann 1998, str. 66).

W prognozowaniu sprzedaży daje się niekiedy zauważyć sytuacje, wskazujące na to, że jej wielkość kształtuje się w zależności od jej poziomu w okresach poprzednich. Popyt na wiele dóbr charakteryzuje się cyklami opóźnień, związanych z okresem użytkowania tych dóbr. W tego rodzaju sytuacjach stosuje się modele autoregresyjne.

Prognozowanie popytu z uwzględnieniem czynnika sezonowości wydaje się być zagadnieniem bardziej złożonym, dlatego też modele szeregów czasowych z wahaniami sezonowymi zostały omówione szczegółowiej.

Metody prognozowania popytu z uwzględnieniem sezonowości

Analizując szereg czasowy sprzedaży, można dostrzec w nim często wahania sezonowe, tj. pewien cykl zmian, nazywany cyklem sezonowym, powtarzających się co jakiś odstęp czasu. Okresy, z których pochodzą poszczególne obserwacje (np. miesiące lub kwartały), nazywa się sezonami; kształtowanie się sprzedaży w tych okresach (szybki wzrost, lekki wzrost, spadek itd.) określa się jako fazy wahań. Liczba tych faz (sezonów) w cyklu decyduje o długości cyklu (okresie wahań).

Jedną z częściej używanych metod w analizie wahań sezonowych jest metoda wskaźników, polegająca na wyznaczeniu wskaźników sezonowości poszczególnych faz cyklu. Gdy amplitudy wahań w analogicznych fazach cyklu są w przybliżeniu takie same,

mówimy o waniach bezwzględnie stałych i kształt sprzedaży opisuje się najczęściej przy pomocy modelu addytywnego:

$$y_{ti} = \hat{y}_{ti} + s_i + \xi_t$$

$t=1,2,\dots,n$; $i=1,2,\dots,r$

gdzie:

y_{ti} – rzeczywista wielkość sprzedaży w okresie t w i -tej fazie cyklu;

\hat{y}_{ti} – teoretyczna wielkość sprzedaży w okresie t w i -tej fazie cyklu, wyznaczona z modelu trendu;

s_i – wskaźnik sezonowości dla i -tej fazy cyklu;

ξ – składnik losowy;

r – liczba faz cyklu.

Gdy wielkości amplitud wahań zmieniają się w mniej więcej tym samym stosunku, mówimy o waniach względnie stałych. W takim przypadku stosuje się model multiplikatywny:

$$y_{ti} = \hat{y}_{ti} \cdot s_i \cdot \xi_t$$

$t=1,2,\dots,n$; $i=1,2,\dots,r$

y_{ti} , \hat{y}_{ti} , s_i , ξ , r – jak w modelu addytywnym.

Metody wyznaczania \hat{y}_{ti} , s_i , ξ można znaleźć m.in. w (Dittmann, 1998).

Alternatywną metodą badania sezonowości sprzedaży jest analiza harmoniczna. Wykorzystuje się tu wiedzę na temat funkcji okresowych. Każdą funkcję okresową o okresie n można przedstawić jako sumę harmonik, tj. funkcji sinusoidalnych i cosinusoidalnych o okresach n/i ($i=1,2,\dots,n/2$), w postaci:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} [a_i \sin(\frac{2\pi}{n} it) + b_i \cos(\frac{2\pi}{n} it)]$$

i – numer harmoniki;

a_0 , a_i , b_i – parametry;

t – czas.

Aby oszacować wartości parametrów a_0 , a_i , b_i stosuje się następujące wzory:

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_t$$

$$a_i = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_t \sin\left(\frac{2\pi}{n} it\right)$$

$$b_i = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_t \cos\left(\frac{2\pi}{n} it\right)$$

$$i = 1, 2, n/2 - 1$$

W celu uwzględnienia w modelu linii trendu stosuje się następujący model:

$$y_t = f(t) + \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} [a_i \sin\left(\frac{2\pi}{n} it\right) + b_i \cos\left(\frac{2\pi}{n} it\right)]$$

$f(t)$ – funkcja trendu.

Liczba harmonik, jakie należy określić, staje się tym większa, im dłuższy staje się szereg czasowy, na którego podstawie budujemy model. Najczęściej nie ma potrzeby ujmowania w budowanym modelu wszystkich możliwych do wyznaczenia harmonik. W modelu ujmuje się harmoniki, których udział w wyjaśnieniu wariacji rozpatrywanej zmiennej jest największy (Dittmann, 1998).

Innym modelem uwzględniającym trend, wahania sezonowe oraz wahania przypadkowe jest model wygładzania wykładniczego Wintersa. Model ten może być stosowany, gdy szereg czasowy zawiera trend, wahania sezonowe oraz wahania przypadkowe. Postać addytywna tego modelu jest wyrażona następującymi równaniami (Dittmann, 1998):

$$F_{t-1} = \alpha \cdot (y_{t-1} - C_{t-1-r}) + (1 - \alpha) \cdot (F_{t-2} + S_{t-2})$$

$$S_{t-1} = \beta \cdot (F_{t-1} - F_{t-2}) + (1 - \beta) \cdot S_{t-2}$$

$$C_{t-1} = \gamma \cdot (y_{t-1} - F_{t-1}) + (1 - \gamma) \cdot C_{t-1-r}$$

F_{t-1} – ocena wartości średniej w okresie $t-1$;

S_{t-1} – ocena przyrostu trendu w okresie $t-1$;

C_{t-1} – ocena wskaźnika sezonowości dla okresu $t-1$;

r – liczba faz cyklu sezonowego;

α, β, γ – parametry modelu z przedziału $[0,1]$.

Równanie prognozy na okres $t > n$ jest następujące:

$$y_t^* = F_n + S_n \cdot (t - 1) + C_{t-r}$$

y_t^* – prognoza sprzedaży wyznaczona na okres t .

W literaturze można spotkać wiele propozycji dotyczących wyboru „typowych” wartości parametrów modelu (Chatfield i inni, 1988, za Dittmann, 1998). Jeżeli poszczególne składowe szeregi czasowego odznaczają się dużą zmiennością, to przyjmuje się, że wartości parametrów wygładzania α, β, γ należy ustalić na poziomie bliskim jedności, w przeciwnym zaś razie – na poziomie bliskim zeru.

Za wartości początkowe $F_1, S_1, C_1, \dots, C_r$ można przyjąć odpowiednio:

- pierwszą wartość zmiennej prognozowanej, tj. y_1 lub średnią wartość w pierwszym cyklu;
- różnicę drugiej i pierwszej wartości zmiennej prognozowanej, tj. $y_2 - y_1$, lub różnicę średnich wartości zmiennej wyznaczonych dla drugiego i pierwszego cyklu;
- wyznaczoną na podstawie całego szeregu czasowego średnią różnic odpowiadających tej samej fazie cyklu sezonowego, wartości zmiennej prognozowanej i wygładzonych wartości trendu.

Kolejnymi modelami wykorzystywanymi do prognozowania popytu z uwzględnieniem sezonowości, są autoregresyjne modele wahań sezonowych. W celu uwzględnienia wahań o cyklu złożonym z r faz, ogólna postać autoregresyjnego modelu uwzględniającego trend, przedstawia się następująco (Dittmann 1998, str. 97):

$$y_t = f(t) + \alpha_1 \cdot y_{t-r} + \alpha_2 \cdot y_{t-2r} + \dots + \alpha_p \cdot y_{t-pr} + \xi_t$$

$y_t, y_{t-r}, y_{t-2r}, \dots, y_{t-pr}$ – wielkość sprzedaży w okresach $t, t-r, \dots, t-pr$;

$f(t)$ – funkcja trendu;

$\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_p$ – parametry modelu;

r – długość cyklu sezonowego (liczba sezonów);

p – wyrażona w cyklach wielkość opóźnienia uwzględniana w modelu.

Parametry modelu szacuje się najczęściej klasyczną metodą najmniejszych kwadratów. Zaletą tej metody jest prostota obliczeń numerycznych. Alternatywną metodą jest szacowanie na podstawie układu równań Yule'a-Walkera (Box i inni, 1983, za Dittmann, 1998).

Przy konstrukcji modelu autoregresyjnego powstaje problem określenia wartości parametru p , od którego zależy jak daleko sięga się w przeszłość przy uwzględnianiu opóźnionych wartości zmiennej prognozowanej w modelu. Decyzję tę można podjąć po oszacowaniu parametrów modelu dla różnych wartości parametru p . Podstawę wyboru „optymalnej wartości parametru p może stanowić funkcja (Dittmann 1998, str. 77):

$$SR(k) = \ln s_k^2 + \frac{k \cdot \ln n}{n}, k = 0, 1, \dots, K$$

s_k^2 – ocena wariancji składnika losowego modelu autoregresji rzędu k ;

K – maksymalny rząd autoregresji.

Po oszacowaniu parametrów modelu i jego weryfikacji można uzyskać prognozę sprzedaży podstawiając do modelu jej wartości z poprzednich okresów. Konstrukcja prognoz dotyczących dalszych okresów, mająca charakter sekwencyjny, polega na wykorzystaniu do obliczeń prognoz z poprzednich okresów.

Modelowanie ekonometryczne

Narzędziem analizy ilościowej, zależności zachodzących między różnymi zjawiskami ekonomicznymi, jest model ekonometryczny. Można powiedzieć, że proces poznawania rzeczywistości za pomocą ekonometrii polega na budowaniu modelu rozpatrywanego obiektu, statystycznej estymacji tego modelu oraz na wnioskowaniu (na jego podstawie) o mechanizmach rozwoju tego obiektu w czasie (Galanc, 1993 str.45). Pawłowski definiuje model ekonometryczny jako konstrukcję formalną, która za pomocą jednego równania lub układu równań przedstawia zasadnicze powiązania występujące pomiędzy rozpatrywanymi zjawiskami ekonomicznymi (za Galanc, 1993). W skład modelu ekonometrycznego wchodzi równania zawierające zmienne, parametry i elementy losowe. Zmienna, która jest wyjaśniana przez model, nosi nazwę zmiennej objaśnianej (analogon zmiennej zależnej w terminologii analizy matematycznej). Zmienne, przy pomocy których wyjaśnia się zachowanie zmiennej objaśnianej, nazywa się zmiennymi objaśniającymi (analogon zmiennych niezależnych w terminologii analizy matematycznej).

Parametry modelu charakteryzują powiązania pomiędzy zmiennymi objaśnianymi i objaśniającymi, dlatego nazywane są parametrami strukturalnymi modelu. Wartości

liczbowe parametrów strukturalnych modelu są określane przy pomocy odpowiednich metod estymacji.

Trzecią składową modelu jest jego element losowy (w przypadku modelu jednorównaniowego) lub elementy losowe (w przypadku modelu wielorównaniowego). Włączony do modelu składnik losowy jest równy odchyleniu rzeczywistej wartości badanej zmiennej od jej teoretycznej wartości, obliczanej na podstawie skonstruowanego modelu.

Ogólną postać jednorównaniowego modelu ekonometrycznego można przedstawić następująco (Dittmann 1998, str.110):

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_m, \xi)$$

Y – zmienna objaśniana (prognozowana);

X_1, X_2, \dots, X_m – zmienne objaśniające;

m – liczba zmiennych objaśniających modelu;

ξ – składnik losowy.

Przykładem ekonometrycznego modelu jednorównaniowego dotyczącego prognozowania popytu jest model postaci (Galanc 1993, str. 47):

$$D_t = a_0 + a_1 \cdot P_t + a_2 \cdot V_t + a_3 \cdot D_{t-1} + Z_t$$

D_t – wielkość popytu na określone dobro w okresie t ;

P_t – ceny tego dobra w okresie t ;

V_t – przeciętny przychód przypadający na konsumenta w okresie t ;

D_{t-1} – wielkość popytu na dane dobro w okresie $t-1$;

Z_t – składnik losowy;

a_0, a_1, a_2, a_3 - parametry strukturalne modelu.

Jednym z trudniejszych zagadnień związanych z budową modelu sprzedaży jest wybór zmiennych objaśniających. Niezwykle istotne jest, aby zawarte w modelu zmienne zostały ograniczone do tych, które mają największy wpływ na zmienną objaśnianą. Wybór zmiennych objaśniających modelu powinien wynikać z konkretnej sytuacji progностycznej. Oprócz powiązań przyczynowo-skutkowych lub symptomatycznych pomiędzy zmienną objaśnianą oraz zmiennymi objaśniającymi, należy brać również pod uwagę dostępność przeszłych wartości tych zmiennych.

2. Jakościowe metody prognozowania popytu

Metody jakościowe prognozowania sprzedaży stanowią najczęściej klasyczne lub zmodyfikowane wersje metody delfickiej oraz burzy mózgów. Metoda delficka polega na

kilkakrotnym ankietowaniu grupy ekspertów. Po zdefiniowaniu problemu (np. określeniu zadania prognostycznego) dokonuje się wyboru grupy niezależnych ekspertów. Następnie przygotowuje się ankietę z pytaniami dotyczącymi badanego zjawiska, którą rozsyła się do ekspertów. Po uzyskaniu odpowiedzi przeprowadza się statystyczną analizę ankiet, m.in. pod kątem zgodności opinii ekspertów. Jeśli eksperci byli wystarczająco zgodni w swoich opiniach, to badanie (budowę prognozy) można uznać za zakończoną. Gdy zgodność nie była wystarczająca, przygotowuje się następną ankietę, zawierającą wyniki poprzedniej i rozsyła się ją do ekspertów. Tak postępuje się aż do uzyskania zgodności ekspertów w ocenie badanego zagadnienia (Dittmann, 1998).

Burza mózgów polega na stymulowaniu generowania jak największej ilości pomysłów mających na celu rozwiązanie problemu. W tym celu, po określeniu problemu i wyborze uczestników sesji burzy mózgów (najczęściej ekspertów reprezentujących różne dziedziny wiedzy), przeprowadza się spotkanie, w trakcie którego następuje generowanie pomysłów rozwiązania problemu. Pomysły te są później oceniane przez zespół ekspertów z danej dziedziny. Więcej informacji na temat tych metod można znaleźć np. w (Góralczyk 1989, Martyniak 1997).

Prognozowanie wielkości sprzedaży jest ściśle związane z posiadaną informacją na temat przeszłych wartości sprzedaży, a także bliższego i dalszego otoczenia marketingowego firmy. Ze względu na posiadane informacje można wyróżnić cztery rodzaje prognoz:

- prognozowanie na podstawie opinii osób bezpośrednio zajmujących się sprzedażą;
- prognozowanie na podstawie opinii kierownictwa przedsiębiorstwa;
- prognozowanie na podstawie opinii ekspertów;
- prognozowanie na podstawie badań intencji klientów.

Każda z tych prognoz będzie się opierała na innej wiedzy o przedsiębiorstwie, jego otoczeniu, planach oraz potencjalnym nabywcy. Najczęściej prognozy krótkoterminowe sporządza się na podstawie opinii osób bezpośrednio zajmujących się sprzedażą tzn. handlowców, sprzedawców, menedżerów. Do prognoz średnio i długoterminowych wykorzystuje się opinie kierownictwa przedsiębiorstwa oraz ekspertów (często niezależnych). Prognozowanie na podstawie badań intencji klientów, jako najbardziej kosztowne, przeprowadza się najczęściej przed podjęciem decyzji przedsiębiorstwa o innowacji w produkcji.

Najlepsze efekty daje oczywiście połączenie wszystkich czterech metod oraz uwzględnienie metod ilościowych. Im większą wiedzę posiada osoba decydująca o wielkości zamówienia, tym jej decyzja będzie trafniejsza.

3.3.2. Ogólna charakterystyka algorytmów genetycznych oraz ich implementacji

3.3.2.1. Ogólna charakterystyka AG

W ostatnich kilkudziesięciu latach „człowiek-inżynier” zaczął się uważniej przyglądać naturze i z pokorą od niej się uczyć. Wynikiem tych obserwacji było stworzenie m.in. takich procedur, naśladujących naturę jak algorytmy ewolucyjne czy sieci neuronowe. Zanim naturze (ukierunkowanej przez swojego Stwórcę) udało się stworzyć mózg ludzki, minęły cztery miliardy lat (taki wiek Ziemi jest obecnie uważany za najbardziej prawdopodobny). W tym czasie, dzięki doborowi naturalnemu, organizmy ewoluowały w kierunku coraz lepszego przystosowania się do środowiska, w którym żyją. Ten sposób doskonalenia został zaadaptowany do rozwiązywania zadań optymalizacyjnych i nazwano go algorytmami ewolucyjnymi.

Wśród algorytmów ewolucyjnych wyróżnia się trzy główne klasy (de Jong, 1998 za Kwaśnicka, 1999): algorytmy genetyczne (*GAs – Genetic Algorithms*), strategie ewolucyjne (*ESs – Evolutionary Strategies*) i programowanie ewolucyjne (*EP – Evolutionary Programming*). Coraz popularniejsze programowanie genetyczne (*GP – Genetic Programming*) zwykle bywa uważane za podgrupę algorytmów genetycznych.

W tej pracy wykorzystywane są tylko algorytmy genetyczne, dlatego też, to one są omawiane w dalszej części rozdziału. Szybki wzrost zainteresowania algorytmami genetycznymi obserwuje się od czasu opublikowania pracy J.Hollanda (1975). Wyróżnia się trzy zasadnicze grupy zastosowań AG: algorytmy przeszukujące (*Search*), optymalizujące (*Optimization*) i uczące (*Learning*) (Kwaśnicka, 1999). Wymienione grupy nie są jednak rozłączne i granica między nimi jest płynna.

Algorytmy genetyczne (AG) są procedurami opartymi na podstawowych mechanizmach ewolucji biologicznej: doborze naturalnym i dziedziczenia. Algorytm działa w dyskretnym czasie. W każdej jednostce czasu t , w pewnym środowisku Q istnieje populacja osobników tego samego gatunku $P(t)$, które konkurują ze sobą oraz mogą się dowolnie krzyżować w obrębie całej populacji. Podstawową ideą AG jest wykorzystanie ewolucyjnej zasady

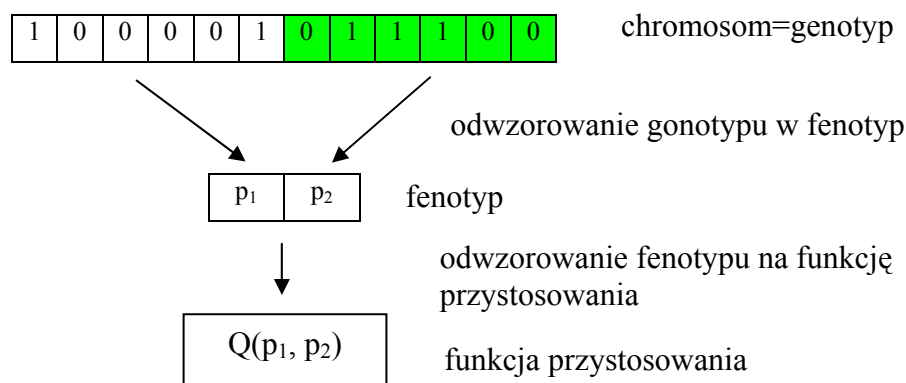
przeżycia osobników najlepiej przystosowanych. Oznacza to, że osobniki „lepsze” mają większe szanse przeżycia i wydania liczego potomstwa. Osobniki „gorsze” mogą przeżyć i wydać potomstwo, ale prawdopodobieństwo tego jest znacznie mniejsze. Zatem w populacji zachodzi proces reprodukcji, tzn. osobniki wydają potomstwo.

Po fazie reprodukcji (lub w jej trakcie) następuje krzyżowanie, będące odpowiednikiem naturalnej wymiany materiału genetycznego, w której potomek dziedziczy część materiału genetycznego od jednego, pozostałą część od drugiego rodzica. Drugim procesem, który może zachodzić równoległe do krzyżowania, jest mutacja, czyli losowa zmiana genu. Krzyżowanie i mutacja zwane są operatorami genetycznymi.

Ewolucja populacji jest procesem przeszukiwania przestrzeni potencjalnych rozwiązań. W procesach takich istotne jest zachowanie równowagi pomiędzy przekazywaniem najlepszych cech do następnego pokolenia, a szerokim przeszukiwaniem przestrzeni rozwiązań. Algorytm genetyczny umożliwia zachowanie takiej równowagi (Kwaśnicka, 1999).

Osobnika populacji można postrzegać na dwóch poziomach: genotypowym i fenotypowym. Na poziomie genotypowym, osobnik najczęściej opisywany jest przez łańcuch bitów (np. [10001..011]). Liczba bitów wymagana do reprezentacji pojedynczego osobnika wynika z zakresów fenów oraz z przyjętej dokładności rozwiązania zadania optymalizacyjnego (Goldberg, 1998). Na poziomie fenotypowym osobnik jest opisany za pomocą wektora fenów $[p_1, p_2, \dots, p_n]$. Każdy fen odpowiedzialny jest za jedną cechę osobnika (jest argumentem optymalizowanej funkcji).

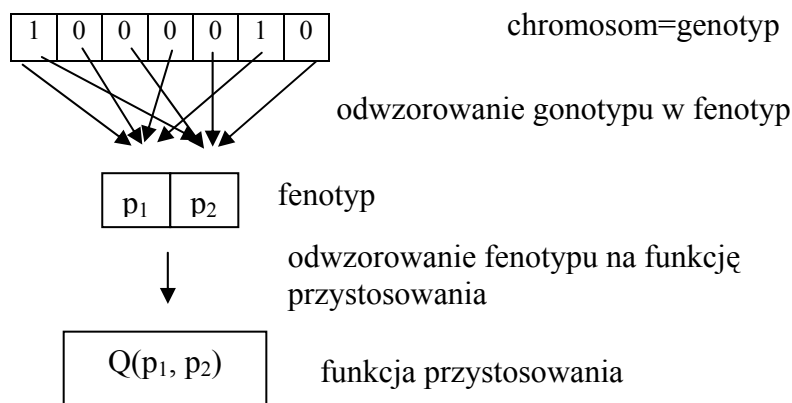
Przykład reprezentacji osobnika dla funkcji dwuwymiarowej pokazuje Rysunek 3.3.



Rysunek 3.3 Reprezentacja osobnika w algorytmie genetycznym dla dwuwymiarowej funkcji (na podstawie Kwaśnicka 1999)

Jednak u żywych organizmów pojedynczy gen może wpływać na wiele cech osobnika. Zjawisko to jest nazwane efektem plejotropowym. Z kolei każda cecha może być determinowana przez pewną liczbę genów – zwane jest to efektem poligenicznym.

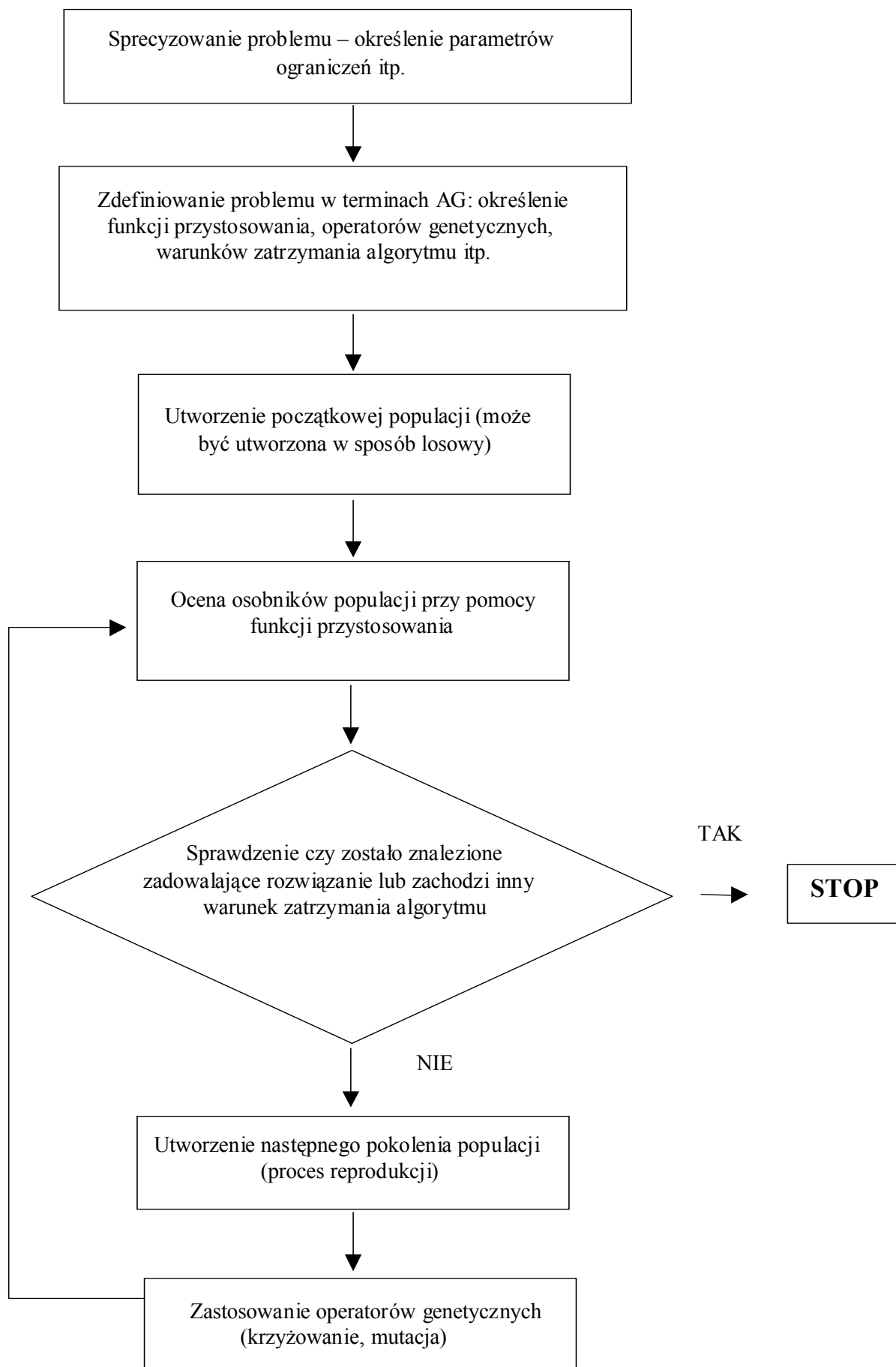
Rysunek 3.4 przedstawia sytuację, w której osobnik składa się z siedmiu genów, które reprezentują dwie cechy.



Rysunek 3.4 Reprezentacja osobnika w AG dla dwuwymiarowej funkcji z uwzględnieniem plejotropowości i poligeniczności (na podstawie Kwaśnicka 1999)

Rysunek 3.5 przedstawia ogólny schemat wykorzystania algorytmów genetycznych przy rozwiązywaniu rzeczywistych problemów. W proponowanym schemacie można wyróżnić dwie fazy:

- wstępną, polegającą na sprecyzowaniu problemu i dostosowaniu go do terminologii używanej w AG oraz utworzeniu początkowej populacji;
- poszukiwania rozwiązań, składającą się z oceny osobników, procesu reprodukcji oraz zastosowania operatorów genetycznych. Faza poszukiwania rozwiązań zostaje zakończona w momencie gdy zostało znalezione satysfakcjonujące rozwiązanie lub nastąpił warunek końca algorytmu (np. przekroczona została założona liczba pokoleń).



Rysunek 3.5 Etapy budowy algorytmów genetycznych (na podstawie Kwaśnicka 1999)

Podstawowe różnice między AG a tradycyjnymi metodami optymalizacyjnymi to:

- AG nie przetwarzają bezpośrednio parametrów zadania, lecz ich zakodowaną postać;
- prowadzą przeszukiwanie, wychodząc nie z pojedynczego punktu, lecz z pewnej ich liczby (populacji);
- stosują probabilistyczne, a nie deterministyczne reguły wyboru;
- korzystają tylko z wartości funkcji celu (przystosowania), nie zaś z wartości jej pochodnych lub innych informacji pomocniczych.

Te cztery cechy, tzn. kodowanie parametrów, działanie na populacjach, korzystanie z minimum informacji o zadaniu i zrandomizowane operacje, składają się na odporność algorytmu genetycznego m.in. na zatrzymanie poszukiwania optimum w maksimum lokalnym (Rutkowska, 1997). Algorytmy genetyczne nie są dedykowane dla wyspecjalizowanej klasy zadań, lecz mogą być wykorzystywane w bardzo szerokim spektrum problemów badawczych. AG umożliwiają przeszukanie znacznie szerszej klasy potencjalnych rozwiązań, niż jest to możliwe przy użyciu metod konwencjonalnych (Holland, 1992).

Zastosowanie AG do identyfikacji parametrów funkcji popytu nie wprowadza ograniczeń na postać tej funkcji, jak i liczby parametrów. Wadą algorytmów genetycznych (jak i każdej iteracyjnej metody szukania ekstremum) jest brak gwarancji, że osiągnie się optimum globalne i nie zakończy się poszukiwania rozwiązania w optimum lokalnym (dokładność otrzymanych wyników, a więc np. postać funkcji popytu, może okazać się niezgodna z funkcją jaka mogłaby w najlepszy sposób przybliżyć oczekiwaną sprzedaż). Istnieje jednak możliwość dostosowania parametrów AG do potrzeb konkretnego zadania, jak również przetestowania, czy algorytm identyfikuje wartości parametru w sposób odpowiedni np. nie przekraczający założonego błędu, na danych testowych, przy znanej postaci funkcji. Więcej informacji na temat algorytmów genetycznych można znaleźć w licznych publikacjach, np. (Kwaśnicka 1999, Goldberg 1998, Rutkowska 1997).

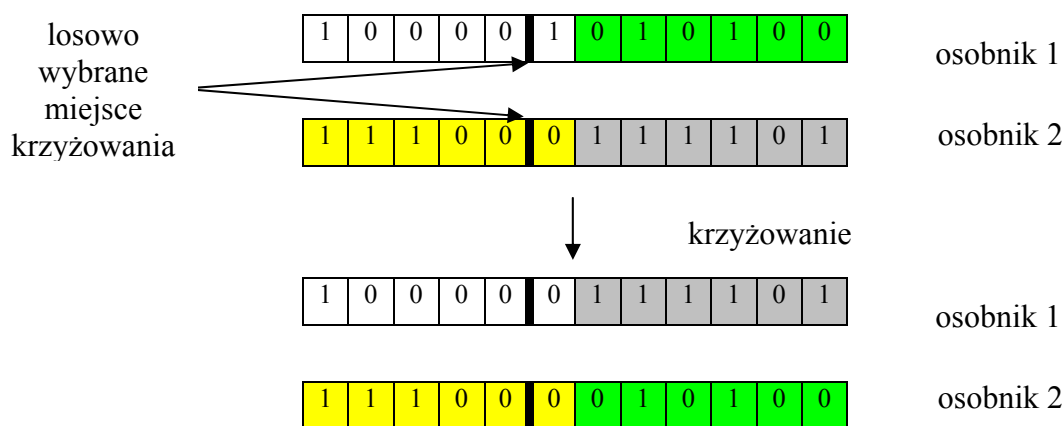
3.3.2.2. Charakterystyka algorytmów genetycznych używanych w pracy

W pracy algorytm genetyczny stosowany jest dwukrotnie: przy identyfikacji wartości parametrów funkcji popytu oraz do znajdowania wartości suboptymalnych zmiennych decyzyjnych. W pierwszym i drugim przypadku, użyto AG o podobnej charakterystyce.

Osobniki opisane są przez ciągi binarne zerojedynkowe oraz elementy charakterystyczne dla AG, takie jak metoda selekcji, funkcja przystosowania i operatory genetyczne. Każdy osobnik składa się z jednego chromosomu. Poszczególne cechy osobnika (parametry funkcji lub zmienne decyzyjne) kodowane są na kilku do kilkunastu bitach. Poszczególne bit nazwany jest genem. Przy takiej interpretacji można mówić o efekcie poligeniczności – kilka genów reprezentuje jedną cechę.

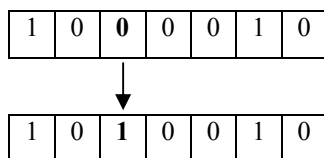
Geny pierwszego pokolenia wybierane są w drodze losowania, po czym następuje ocena osobników z wykorzystaniem funkcji przystosowania. Każdemu osobnikowi przydzielana jest jego wartość, będąca wyliczoną przez funkcję przystosowania liczbą. W następnym kroku osobniki są reprodukowane do następnego pokolenia (liczba osobników w pokoleniu jest stała). Reprodukacja następuje zgodnie z zasadą ruletki. Każdemu osobnikowi z populacji odpowiada sektor koła o rozmiarze proporcjonalnym do wartości funkcji przystosowania. Następnie losujemy fragment koła (liczbę na ruletce), tyle razy, ile jest osobników w populacji. Osobniki, którym przyporządkowany jest większy wycinek koła, mają podwyższone szanse na przejście do następnego pokolenia (Goldberg, 1998). Dla każdego wylosowanego osobnika tworzymy dokładną replikę, która stanowi potomka wchodzącego do następnego pokolenia. Można zauważyć, że dla osobników o dużej wartości funkcji przystosowania, istnieje znacznie większe prawdopodobieństwo, że będą mieć kilku identycznych potomków niż w przypadku osobników o małej wartości funkcji przystosowania.

Kolejnym krokiem algorytmu genetycznego jest zastosowanie operatorów genetycznych: krzyżowania i mutacji. Krzyżowanie realizowane w pracy jest jednopunktowe i polega na wymianie fragmentu genotypu pomiędzy dwoma osobnikami (Rysunek 3.6). Przy założonym prawdopodobieństwie krzyżowania losujemy czy dany osobnik będzie podlegał krzyżowaniu, a następnie, jeżeli został wybrany, losujemy osobnika z populacji, z którym ma zostać skrzyżowany.



Rysunek 3.6 Schemat krzyżowania jednopunktowego

Mutacja polega na zamianie wartości pojedynczego genu na przeciwny (Rysunek 3.7). Przeprowadzono eksperymenty symulacyjne dwoma metodami realizacji mutacji: dwustopniowo i jednostopniowo. Mutacja dwustopniowa – najpierw losujemy, czy dany osobnik będzie mutowany, następnie losujemy dla każdego genu, czy ma on być zmutowany. Prawdopodobieństwo mutacji poszczególnego genu jest więc iloczynem prawdopodobieństwa mutacji osobnika oraz prawdopodobieństwem mutacji genu. Przeprowadzone doświadczenia wykazały, że lepsze efekty daje mutacja jednostopniowa. Polega ona na tym, że dla każdego genu przeprowadzane jest losowanie, czy ma on być mutowany, czy też nie – brane pod uwagę jest więc tylko jedno prawdopodobieństwo mutacji genu. Zastosowanie mutacji jednostopniowej powodowało, że większa liczba osobników podlegała mutacji i rozkład mutacji na poszczególnych osobników był więc bardziej równomierny niż w przypadku mutacji dwustopniowej, gdzie mutacji podlegała mniejsza liczba osobników, natomiast mutacje te były bardziej skoncentrowane (jeden osobnik był mutowany kilka razy). Duża liczba przeprowadzonych doświadczeń wykazała, że dobrze dobrana wartość prawdopodobieństwa mutacji znacznie poprawia efektywność algorytmu. Przy zbyt małym prawdopodobieństwie mutacji, następuje szybka zbieżność algorytmu do jednego osobnika (maksimum lokalnego), natomiast zbyt duża wartość prawdopodobieństwa mutacji, znacznie przedłuża czas potrzebny na znalezienie wystarczająco dobrego rozwiązania.



Rysunek 3.7 Mutacja jednego genu osobnika

W przypadku gdy występują trudności ze znalezieniem maksimum globalnego ze względu na zbieżność osobników do maksimum lokalnych istnieje możliwość zastosowanie makromutacji. Kwaśnicka (1999) wyróżniła dwa zasadnicze typy makromutacji: rekrudescencję – gdy makromutacji poddawana jest określona parametrycznie liczba osobników oraz kryzys rozumiany jako poddanie makromutacji całego pokolenia osobników.

3.3.3. Zastosowanie algorytmów genetycznych w prognozowaniu okresowego popytu

Prognozowanie popytu stanowi jeden z istotnych czynników w procesie podejmowania decyzji taktyczno-operacyjnych jak również strategicznych w przedsiębiorstwie. Zarządzanie przepływem materiałowym w przedsiębiorstwie zgodnie ze strategią *just-in-time*, nie byłoby możliwe bez dokładnego określenia wielkości sprzedaży. Zarówno dla metod ilościowych, jak i dla jakościowych, istnieją możliwości wykorzystania komputerów i zaawansowanych programów umożliwiających zautomatyzowanie obliczeń oraz przedstawienie danych w postaci graficznej. Kolejnym etapem w rozwoju metod prognozowania będzie prawdopodobnie wykorzystanie elementów sztucznej inteligencji (takich jak programowanie ewolucyjne czy sieci neuronowe), co powinno poprawić dokładność określania wielkości sprzedaży. W pracy zaproponowano metodę prognozowania wielkości sprzedaży, w przypadku występowania sezonowości popytu. Do identyfikacji parametrów funkcji popytu zastosowano algorytmy genetyczne.

3.3.3.1. Postać funkcji popytu

Propozycja funkcji popytu powinna wynikać ze znajomości wewnętrznego i zewnętrznego środowiska przedsiębiorstwa. Nie istnieje możliwość zbudowania ogólnej funkcji, pasującej do przedsiębiorstw działających w różnych branżach lub innych warunkach ekonomicznych. Dla jednego przedsiębiorstwa wielkość sprzedaży będzie uzależniona tylko

od jednego czynnika, dla innego, mogą być to setki czynników wzajemnie powiązanych, trudnych do jednoznacznego określenia. Dokładność prognozy sprzedaży będzie więc zależała od określenia czynników wpływających na popyt oraz w jakim stopniu wpływają one na popyt. Często sprowadza się to określenia klasy funkcji, np. czy ma być to funkcja liniowa, o postaci wielomianowej, eksponencjalna, logarytmiczna.

Wydaje się, że podstawowym czynnikiem wpływającym na wielkość sprzedaży, jest cena. Jako pierwsze przybliżenie można przyjąć, że funkcja sprzedaży ma postać:

$$D = \frac{A(t)}{P^e}$$

gdzie:

D – wielkość sprzedaży;

P – cena;

t – czas;

e – współczynnik elastyczności cenowej popytu;

$A(t)$ jest funkcją czasu, więc w przypadku istnienia sezonowości $A(t)$ jest funkcją okresową, zatem funkcja popytu, po uwzględnieniu okresowości sprzedaży i trendu liniowego ma postać:

$$D = \frac{C + B \cdot t + A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)}{P^e}$$

gdzie:

D – przewidywana sprzedaż;

A – amplituda;

t – czas;

ω - częstość;

φ - przesunięcie fazowe;

C – przesunięcie wzdłuż osi odciętych;

B – współczynnik kierunkowy trendu liniowego;

e – współczynnik elastyczności cenowej.

W przypadku uwzględnienia podwójnej sezonowości można zmodyfikować funkcję do następującej postaci (Chodak, Kwaśnicki 2000):

$$D = \frac{C + B \cdot t + A_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t + \varphi_1) + A_2 \cdot \sin(\omega_2 \cdot t + \varphi_2)}{P^e}$$

D, t, B, P, e – jak dla pojedynczej sezonowości;

A_1, A_2 – amplitudy dla poszczególnych sezonowości;

ω_1, ω_2 – częstości dla poszczególnych sezonowości;

φ_1, φ_2 – przesunięcia fazowe dla poszczególnych sezonowości.

Przedstawiona funkcja popytu wymaga określenia wartości (identyfikacji) 9 parametrów. Jest to stosunkowo duża liczba parametrów. Określenie ich wartości w sposób analityczny jest trudne lub (jak się wydaje) niemożliwe.

Po założeniu postaci funkcji, należy przeprowadzić identyfikację parametrów funkcji przy wykorzystaniu danych z przeszłości. W przypadku prostych funkcji istnieją metody analityczne identyfikacji wartości parametrów. Gdy rozpatrujemy bardziej złożoną funkcję nie istnieje możliwość analitycznego wyznaczenia wartości parametrów bądź też algorytm jest bardzo złożony i wymaga zastosowania skomplikowanego aparatu matematycznego.

Jedną z alternatywnych i efektywnych metod identyfikacji wartości parametrów jest w tej sytuacji wykorzystanie algorytmu genetycznego.

3.3.3.2. Wykorzystanie algorytmu genetycznego do identyfikacji wartości parametrów funkcji popytu

W pierwszej kolejności należy określić postać funkcji przystosowania (F). W naszym przypadku powinna to być miara odległości wyników „modelowych” i danych rzeczywistych, może to być tzw. „błąd średniokwadratowy”:

$$F = \sum_t (D_t - \frac{C + B \cdot t + A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)}{P_t^e})^2$$

lub liniowa miara odległości, czyli:

$$F = \sum_t | (D_t - (\frac{C + B \cdot t + A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)}{P_t^e})) |$$

gdzie:

t – czas (odpowiadający danym rzeczywistym);

D_t – rzeczywista wielkość sprzedaży w chwili t ;

$A, B, C, \omega, \varphi, e$ – parametry, których wartości należy określić (zidentyfikować).

W pracy wykorzystano obydwie postacie funkcji przystosowania.

Struktura poszczególnych osobników algorytmu genetycznego ma następującą postać: każdy osobnik składa się z 1 chromosomu podzielonego na segmenty, z których każdy reprezentuje jeden identyfikowany parametr. Chromosom składa się z 60 bitów, podzielonych na 6 segmentów, kodujących wartości amplitudy, częstotliwości, współczynniki elastyczności, przesunięcia poziomego (fazowego) i pionowego oraz współczynnika kierunkowego linii trendu. Na każdą cechę przeznaczono 10 bitów (dla niektórych doświadczeń zwiększono ilość bitów na 20 dla każdej cechy). Ponieważ zastosowano kodowanie binarne, więc każdy gen zakodowany jest na 1 bicie. Przykładowy osobnik wygląda następująco:

A	B	C	ω	φ	e
1 0 0 0 1 1 0 1 0 1	0 1 1 1 1 0 1 1 0 0	0 1 0 0 1 1 1 0 1 1	1 0 0 0 1 1 1 0 1 1	0 0 0 0 1 1 1 0 1 0	1 1 0 0 0 1 1 0 1 1

Wielkość chromosomu jest kompromisem pomiędzy dokładnością reprezentacji parametrów a szybkością obliczeń i ograniczona jest przez zdolności obliczeniowe komputera, na którym przeprowadzone są obliczenia.

W algorytmie zastosowano dwa operatory genetyczne:

- mutacja – zmiana pojedynczego bitu (genu) na przeciwny;
- krzyżowanie – jednopunktowe, polegające na zamianie ciągu bitów dwóch osobników.

Kolejnym istotnym mechanizmem AG jest selekcja, która polega na wybraniu na podstawie obliczonych wartości funkcji przystosowania tych osobników, które będą brały udział w tworzeniu potomków do następnego pokolenia. Wybór ten odbywa się zgodnie z zasadą naturalnej selekcji, tzn. największą szansę na udział w następnym pokoleniu, mają osobniki o największej funkcji przystosowania. W analizowanych eksperymentach wykorzystano zmodyfikowaną metodę ruletki. Każdemu chromosomowi można przydzielić wycinek koła ruletki o wielkości proporcjonalnej do wartości funkcji przystosowania danego chromosomu. Całe koło ruletki odpowiada sumie wartości funkcji przystosowania wszystkich chromosomów rozważanej populacji. Zatem im większa jest wartość przystosowania, tym większy wycinek na kole ruletki zostanie przyporządkowany chromosomowi (Rutkowska i inni, 1997). Dodatkowo przyjęto opcjonalną możliwość, że osobnik o najlepszej funkcji

przystosowania zostaje wybrany do następnego pokolenia poza losowaniem (zasada „zachowaj najlepszego”).

Dla efektywnego wykorzystania AG konieczne jest dobre określenie zakresu wartości parametrów (dziedziny poszukiwań). Można w tym celu wykorzystać wiedzę heurystyczną na temat badanego zjawiska. Poniżej przedstawiono krótkie omówienie możliwych do zastosowania sposobów określenia dziedzin parametrów.

Zakres przesunięcia (φ) wynosi $(-\pi, \pi)$. Jednak możliwe jest tu zastosowanie dodatkowego ograniczenia, np. jeżeli dane dotyczące sprzedaży dla początkowych okresów rosną (szukana funkcja jest rosnąca) można przyjąć, że przesunięcie będzie z zakresu $(-0.5\pi, 0.5\pi)$. Takie ograniczenie dwukrotnie zmniejsza zakres przeszukiwania. Elastyczność cenowa (e) zależy od specyfiki konkretnego towaru i jej zakres powinien zostać określony przez analityka (np. można przyjąć zakres 0-2). Górne ograniczenie wartości amplitud, współczynnika kierunkowego trendu oraz przesunięcia wzdłuż osi odciętych wydaje się być trudne do określenia. Istnieje więc możliwość iteracyjnego ograniczania ich wartości. Jeśli któraś, z uzyskanych w eksperymencie optymalizacyjnym, wartości parametrów funkcji popytu zbliża się do granicy jej dziedziny (wyznaczonej metodami wyżej opisanymi) to w następnym eksperymencie należy przesunąć zakres tak, aby wyznaczona wcześniej wartość znajdowała się w jego środku. Taka modyfikacja zakresu wartości parametru funkcji popytu pozwala na uzyskanie większej dokładności otrzymanych wyników.

Poprawne określenie zakresu zmienności wartości parametrów umożliwia uzyskanie dokładniejszych wartości identyfikowanych parametrów (mniejsze ziarno reprezentacji parametrów). Jest to szczególnie istotne w przypadku, gdy obliczenia przeprowadzane są na komputerze o małej mocy obliczeniowej (Chodak, Kwaśnicki 2000).

Zatrzymanie algorytmu powinno nastąpić w przypadku, gdy osiągnięta zostanie założona ilość pokoleń. Drugim warunkiem zatrzymania algorytmu może być osiągnięcie przez funkcję przystosowania wymaganej wartości - mniejszej od zakładanego błędu. Istnieje możliwość obliczenia, o ile różni się sprzedaż rzeczywista od sprzedaży wyliczonej na podstawie zidentyfikowanych parametrów funkcji popytu. Na tej podstawie można policzyć błąd identyfikacji, który jest wartością funkcji przystosowania. Aby podać warunek zakończenia algorytmu można założyć, że funkcja przystosowania osiągnie np. wartość mniejszą od 5% średniej sprzedaży z badanych okresów.

3.3.3.3. *Eksperymenty symulacyjne*

Pierwszy eksperyment symulacyjny przeprowadzono na danych rzeczywistych, pochodzących ze średniej wielkości dynamicznie rozwijającej się piekarni „Interpiek”. Analizowanym towarem były bułki wrocławskie.

Na podstawie wielu przeprowadzonych eksperymentów testowych przyjęto następujące wartości parametrów AG:

liczebność_populacji = 60

prawdopodobieństwo_krzyżowania = 0,2

prawdopodobieństwo_mutacji_genu = 0,05

wielkości_poszczególnych_ cech=10

ilość_generacji = 500

Dla danych w tabelach oraz parametrów zidentyfikowanych funkcji popytu przyjęto zaokrąglenia ze względu na czytelność wyników. Program realizujący eksperymenty liczy z dokładnością do 30 miejsc po przecinku, stąd mogą wystąpić minimalne niezgodności w przypadku powtarzania eksperymentów korzystając z zaokrąglonych danych.

Tabela 3.19 przedstawia wielkość sprzedaży oraz cenę bułek wrocławskich w poszczególnych miesiącach (od marca 98r. do kwietnia 99r.). Cena stanowi średnią ważoną z cen sprzedaży w danym miesiącu. Z przedstawionych danych można wysnuć wniosek, o niewielkich wahaniami sprzedaży oraz ceny w okresie 12 miesięcy, co świadczy o stabilnym rynku. Można również zaobserwować pewną sezonowość sprzedaży.

Tabela 3.19 Sprzedaż bułek wrocławskich oraz ich hurtowa cena

Miesiąc	Sprzedaż [tys.]	Cena [zł]
0	44,32	0,26677
1	46,59	0,26630
2	50,11	0,26318
3	49,47	0,26288
4	42,73	0,26280
5	45,32	0,26235
6	47,85	0,26225
7	48,04	0,26246
8	41,76	0,26253
9	42,35	0,26259
10	44,71	0,26267
11	46,57	0,26291

Dla danych z Tabeli 3.19 przeprowadzono eksperyment mający na celu identyfikację parametrów funkcji sprzedaży, przy założeniu, że jej postać dana równaniem opisanym w rozdziale 3.3.3.1 uwzględniającym pojedynczą okresowość. Otrzymane wyniki najlepszych dziesięciu osobników oraz ich wartości funkcji przystosowania przedstawia Tabela 3.20. Można zaobserwować, że dla różnych wartości parametrów amplitudy oraz współczynnika elastyczności, uzyskaliśmy zbliżone wartości funkcji przystosowania, jednak fakt ten można wytłumaczyć postacią funkcji popytu (amplituda występuje w liczniku, natomiast współczynnik elastyczności w mianowniku).

Tabela 3.20 Wyniki eksperymentu symulacyjnego

Amplituda A	Częstość ω	Elastyczność e	Przesunięcie poziome φ	Przesunięcie pionowe C	Współczynnik kierunkowy B	Funkcja przystosowania
1,22361	1,49169	0,76637	4,65005	47,46334	-0,28935	5,86275
3,40013	1,48192	0,02444	4,62659	47,46334	-0,25904	5,88233
2,52664	1,49853	0,21603	4,71261	47,39003	-0,33138	5,92691
2,74682	1,47898	0,16911	4,71652	47,27273	-0,26784	6,01847
2,38948	1,50147	0,25806	4,69306	47,40469	-0,31769	6,02310
2,06462	1,46725	0,35484	4,68133	47,44868	-0,29521	6,04227
3,46149	1,49951	0,03910	4,62268	47,36070	-0,31085	6,04354
1,98882	1,49658	0,43891	4,61486	47,37537	-0,32551	6,04656
1,98882	1,49658	0,44282	4,61486	47,37537	-0,32160	6,05567
1,95995	1,49658	0,37634	4,70870	47,37537	-0,33333	6,06452

Obliczenie błędu

Po podstawieniu wyliczonych wartości parametrów dla najlepszego znalezionej osobnika (patrz pierwszy rząd w Tabeli 3.20) do równania krzywej popytu otrzymano wyniki przedstawione w Tabeli 3.21.

Sumaryczny błąd został wyliczony według następującego wzoru:

$$M = \sum_t |Dr_t - Dp_t|$$

M – błąd;

Dr_t – popyt rzeczywisty;

Dp_t – popyt wyliczony z wykorzystaniem zidentyfikowanych wartości parametrów;

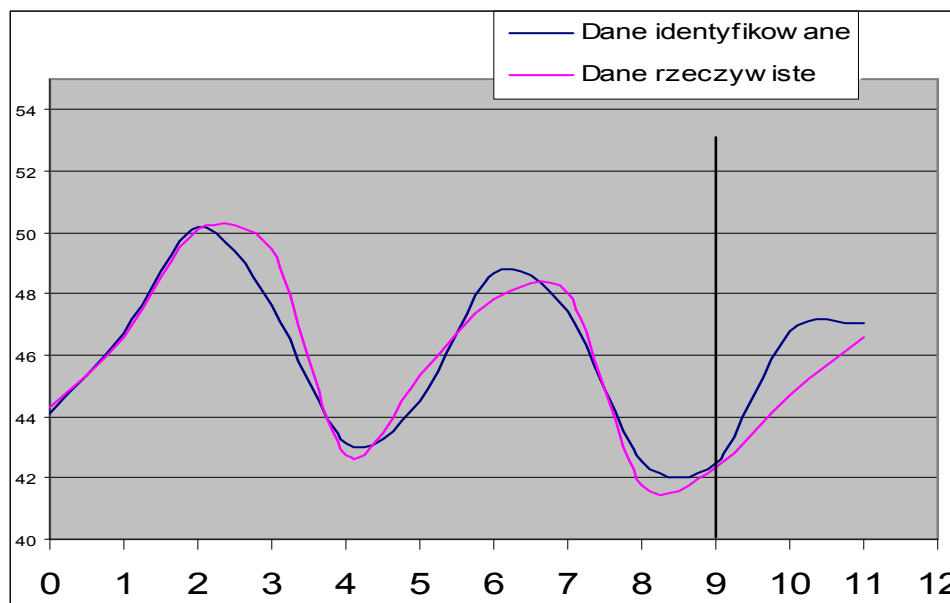
t – czas.

Wyliczony błąd wynosi 5863 sztuki. Średni błąd (błąd sumaryczny podzielony przez liczbę okresów, w których dokonywane były pomiary) wynosi 586 sztuk, co stanowi 1,28% średniej sprzedaży wynoszącej 45853.

Tabela 3.21 Porównanie rzeczywistych wartości sprzedaży z wyliczonymi na podstawie zidentyfikowanych parametrów

Miesiąc	Sprzedaż rzeczywista [tys.]	Błąd identyfikacji [tys.]	Sprzedaż identyfikowana [tys.]
0	44,320	0,219	44,101
1	46,590	0,108	46,698
2	50,110	0,096	50,206
3	49,470	1,869	47,601
4	42,725	0,415	43,140
5	45,318	0,810	44,508
6	47,845	0,815	48,660
7	48,041	0,632	47,409
8	41,755	0,775	42,530
9	42,351	0,124	42,475
		Σ=5,863	

Można zaobserwować (Rysunek 3.8), że otrzymane dane niemalże pokrywają się z rzeczywistą sprzedażą.



Rysunek 3.8 Sprzedaż rzeczywista bułek oraz zidentyfikowana przy pomocy AG

Tabela 3.22 Prognoza sprzedaży na następne miesiące

Miesiąc	Sprzedaż rzeczywista [tys.]	Cena	Prognoza sprzedaży [tys.]	Błąd [tys.]
10	44,710	0,26259	46,811	2,101
11	46,572	0,26259	47,019	0,447

Zgodnie z danymi z tabeli 3.22 można wyliczyć sumaryczny błąd prognozy sprzedaży na dwa następne miesiące wynoszący 2548 sztuk co stanowi około 2,8% rzeczywistej sprzedaży.

W dalszej części pracy przedstawiono wyniki kolejnych doświadczeń przeprowadzonych na danych rzeczywistych, w wyniku których nastąpiła identyfikacja parametrów funkcji popytu. Pokazano rezultaty analizy wybranych pięciu z grupy kilkudziesięciu towarów, na których przeprowadzono szereg doświadczeń. Identyfikowana postać funkcji popytu zakłada podwójną okresowość, trend liniowy oraz zależność popytu od ceny sprzedaży.

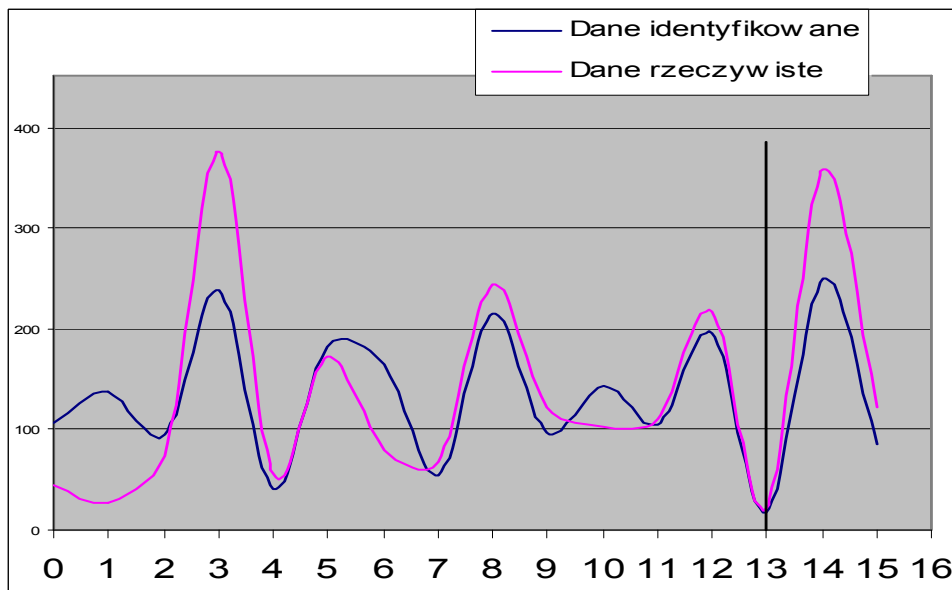
Ze względu na prośbę zarządu hurtowni AGD nazwy towaru zastąpiono numerami.

Tabela 3.23 Sprzedaż rzeczywista oraz identyfikacja sprzedaży Towaru1

Miesiąc	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Sprzedaż identyfikowana	Błąd identyfikacji
0	44,000	926,54000	107,076	63,076
1	27,000	950,47704	137,210	110,210
2	73,000	841,01027	94,428	21,428
3	377,000	848,00424	238,615	138,385
4	56,000	914,95875	41,679	14,321
5	173,000	868,03237	183,142	10,142
6	79,000	901,13165	165,167	86,167
7	68,000	901,12824	53,632	14,368
8	244,000	880,24049	215,087	28,913
9	122,000	905,30574	96,430	25,570
10	103,000	893,99612	142,787	39,787
11	111,000	933,42396	105,185	5,815
12	217,000	941,54120	195,934	21,066
13	21,000	889,51429	18,284	2,716
				Σ=581,964

Zidentyfikowane równanie funkcji sprzedaży ma postać:

$$\hat{y}_t = \frac{697256 - 0,70t + 303672 \cdot \sin(2,17t + 2,18) + 366272 \cdot \sin(2,87t + 4,72)}{P^{1,26}}$$



Rysunek 3.9 Sprzedaż rzeczywista Towaru1 oraz identyfikowana przy pomocy AG

Jak można zaobserwować na Rysunku 3.9 zidentyfikowana przy pomocy AG krzywa popytu jest zbliżona do krzywej sprzedaży rzeczywistej. Czarną kreską oddzielono dane, na podstawie których zidentyfikowano parametry funkcji popytu, od prognozy sprzedaży. Można zaobserwować, że mimo iż błąd prognozy jest stosunkowo duży (w porównaniu w wielkością sprzedaży), to jednak wzrost i spadek sprzedaży został przewidziany prawidłowo (Tabela 3.24). Przy tak nieregularnej funkcji popytu błąd rzędu 30% wielkości sprzedaży można uznać za rezultat zadowalający.

Tabela 3.24 Prognoza sprzedaży Towaru1 na następne miesiące

Miesiąc	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Prognoza sprzedaży	Błąd prognozy
14	360,000	875,21667	250,865	109,135
15	123,000	877,42114	84,572	38,428

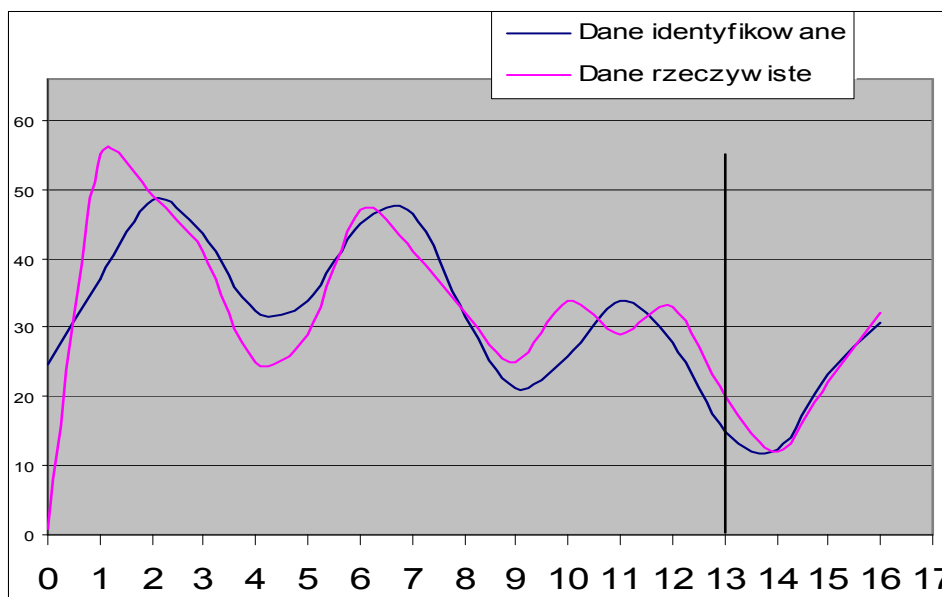
Kolejny przeprowadzony eksperyment pokazuje jak przebiegła identyfikacja parametrów funkcji popytu, która podlega okresowości oraz wyraźnemu opadającemu trendowi liniowemu (Tabela 3.25). Jak można zaobserwować na Rysunku 3.10 identyfikacja przebiegła poprawnie. Warto również zwrócić uwagę na udaną prognozę sprzedaży (Tabela 3.26). Średni błąd sprzedaży w trzech prognozowanych miesiącach jest mniejszy niż jedna sztuka – można więc taką prognozę określić jako bardzo dokładną. Mimo tak precyzyjnych wyników prognozy ex post analityk powinien również zwrócić uwagę na błąd identyfikacji i dokonać wizualnej oceny rzeczywistej oraz zidentyfikowanej krzywej sprzedaży.

Tabela 3.25 Sprzedaż rzeczywista oraz identyfikacja sprzedaży Towaru2

Miesiąc	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Sprzedaż identyfikowana	Błąd identyfikacji
0	1,000	560,00000	24,710	23,710
1	55,000	575,00000	37,043	17,957
2	49,000	575,00000	48,602	0,398
3	41,000	575,00000	43,652	2,652
4	25,000	575,00000	32,392	7,392
5	29,000	575,00000	33,721	4,721
6	47,000	575,00000	45,123	1,877
7	41,000	578,41463	46,370	5,370
8	32,000	595,00000	31,651	0,349
9	25,000	595,00000	21,127	3,873
10	34,000	595,00000	25,771	8,229
11	29,000	595,00000	33,987	4,987
12	33,000	610,00000	27,914	5,086
13	20,000	610,00000	14,790	5,210
				Σ=91,811

Zidentyfikowane równanie funkcji sprzedaży ma postać:

$$\hat{y}_t = \frac{97954 - 426,55t + 33084 \cdot \sin(0,30t + 0,33) + 32466 \cdot \sin(1,36t + 4,98)}{P^{1,27}}$$



Rysunek 3.10 Sprzedaż rzeczywista Towaru2 oraz zidentyfikowana przy pomocy AG

Tabela 3.26 Prognoza sprzedaży Towaru2 na następne miesiące

Miesiąc	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Prognoza sprzedaży	Błąd
14	12,000	610,00000	12,284	0,284
15	22,000	611,94091	23,335	1,335
16	32,000	610,00000	30,847	1,153

Kolejny eksperyment przeprowadzony został na danych sprzedaży Towaru3, którego sprzedaż charakteryzuje się okresowością oraz rosnącym trendem liniowym (Tabela 3.27). Jak można zaobserwować na Rysunku 3.11 krzywa popytu została zidentyfikowana bardzo dokładnie – niemal pokrywa się z krzywą sprzedaży rzeczywistej. Podobnie błąd prognozy przedstawiony w Tabeli 3.28 można uznać za nieduży w stosunku do wielkości sprzedaży. Ten eksperyment pokazuje, że dla regularnych danych sprzedaży, AG jest w stanie bardzo dokładnie zidentyfikować parametry funkcji popytu.

Tabela 3.27 Sprzedaż rzeczywista oraz identyfikacja sprzedaży Towaru3

Miesiące	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Sprzedaż identyfikowana	Błąd identyfikacji
0	5,000	1107,00000	0,000	5,000
1	23,000	1062,39130	20,251	2,749
2	14,000	1074,42857	13,956	0,044
3	4,000	1107,00000	3,796	0,204
4	28,000	1043,19286	29,735	1,735
5	14,000	1058,50000	14,790	0,790
6	10,000	1107,00000	12,283	2,283
7	40,000	1030,20000	36,904	3,096
8	15,000	1013,13333	16,526	1,526
9	22,000	1107,00000	22,418	0,418
10	42,000	1103,86786	38,609	3,391
				Σ=21,236

Zidentyfikowana krzywa popytu dla Towaru3 wygląda następująco:

$$\hat{y}_t = \frac{2817 + 573,37t + 2905 \cdot \sin(2,17t + 5,24) + 1215 \cdot \sin(2,36t + 4,04)}{P^{0,82}}$$

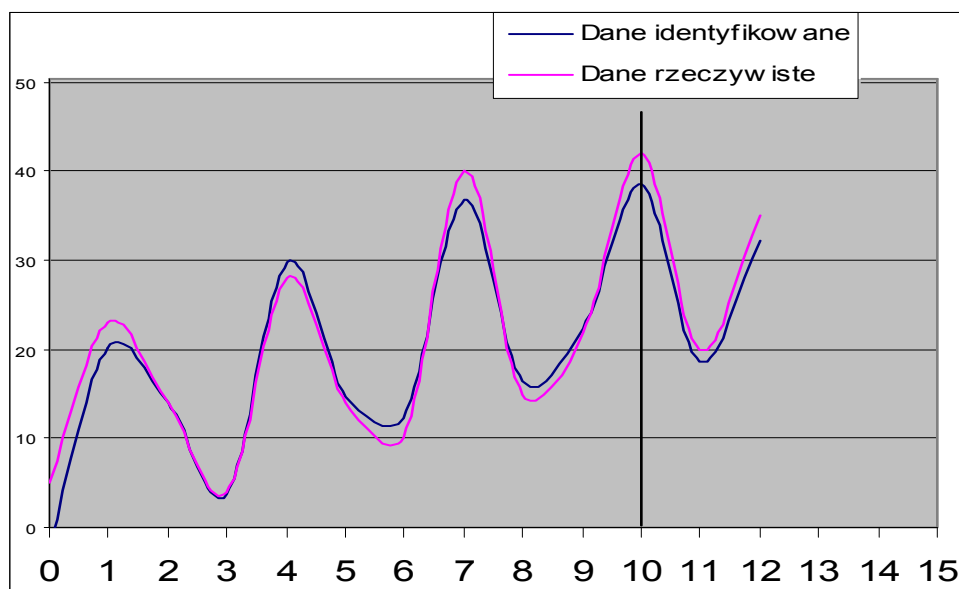
**Rysunek 3.11 Sprzedaż rzeczywista Towaru3 oraz identyfikowana przy pomocy AG**

Tabela 3.28 Prognoza sprzedaży Towaru3 na następne miesiące

Miesiąc	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Prognoza sprzedaży	Błąd prognozy
11	20,000	1107,00000	18,591	1,409
12	35,000	1110,22857	32,285	2,715

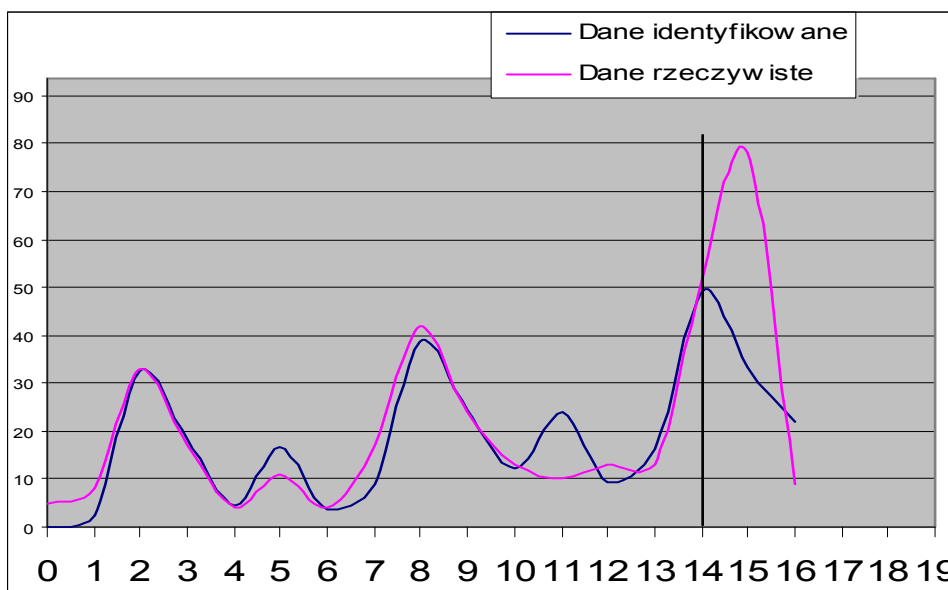
Oczywiście nie wszystkie przeprowadzone eksperymenty zakończyły się sukcesem. Kolejny przykład przedstawia sytuację, w której prognoza popytu nie sprawdziła się, mimo iż, przeprowadzoną identyfikację funkcji popytu dla Towaru4 (Tabela 3.29) można uznać za poprawną. Jak widać na Rysunku 3.12 aż do 14 miesiąca krzywa sprzedaży rzeczywistej niemal pokrywa się z krzywą identyfikacji. Jednak w miesiącu 15 nastąpił gwałtowny wzrost sprzedaży, trudny do przewidzenia, ponieważ znacznie przekraczający wcześniejsze aprecjacje popytu. Dlatego też prognoza sprzedaży mimo wcześniejszej, wydawałoby się prawidłowej identyfikacji funkcji popytu, nie sprawdziła się. W przypadku rzeczywistych analiz menedżer powinien mieć świadomość, że nawet w przypadku, gdy krzywa popytu została zidentyfikowana bardzo dokładnie (błąd identyfikacji jest bliski zeru), nie można bezkrytycznie stosować proponowanej metody prognozowania sprzedaży.

Tabela 3.29 Sprzedaż rzeczywista oraz identyfikacja sprzedaży Towaru4

Miesiące	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Sprzedaż identyfikowana	Błąd identyfikacji
0	5,000	905,00000	0,000	5,000
1	8,000	905,00000	2,396	5,604
2	33,000	908,71273	32,375	0,625
3	17,000	920,00000	18,391	1,391
4	4,000	920,00000	4,345	0,345
5	11,000	920,00000	16,613	5,613
6	4,000	920,00000	3,815	0,185
7	17,000	920,00000	9,061	7,939
8	42,000	920,00000	38,685	3,315
9	24,000	928,43333	24,459	0,459
10	13,000	920,00000	12,410	0,590
11	10,000	920,00000	23,905	13,905
12	13,000	920,00000	9,409	3,591
13	13,000	899,00000	16,168	3,168
14	52,000	847,64923	49,054	2,946
				Σ=54,676

Zidentyfikowana krzywa popytu dla Towaru3 wygląda następująco:

$$\hat{y}_t = \frac{7067 + 886t + 8249 \cdot \sin(1,04t + 5,34) + 9239 \cdot \sin(2,11t + 3,33)}{P^{0,98}}$$



Rysunek 3.12 Sprzedaż rzeczywista Towaru4 oraz zidentyfikowana przy pomocy AG

Tabela 3.30 Prognoza sprzedaży Towaru4 na następne miesiące

Miesiące	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Prognoza sprzedaży	Błąd prognozy
15	78,000	856,91769	33,171	44,829
16	9,000	862,66667	21,850	12,850

Podobnie poniższy przykład można uznać za negatywny. Jak widać w Tabeli 3.31 i na Rysunku 3.13 rzeczywiste dane sprzedaży okazały się na tyle nieregularne, że dopasowanie do nich krzywej, opisaną równaniem uwzględniającym trend i podwójną okresowość, zakończyło się niepowodzeniem. W takim przypadku prognozowanie popytu na podstawie zidentyfikowanej krzywej popytu jest niewskazane.

Jak wynika z przeprowadzonych przez autora doświadczeń, identyfikacja parametrów funkcji popytu z wykorzystaniem AG nie udaje się w przypadku, gdy sprzedaż podlega

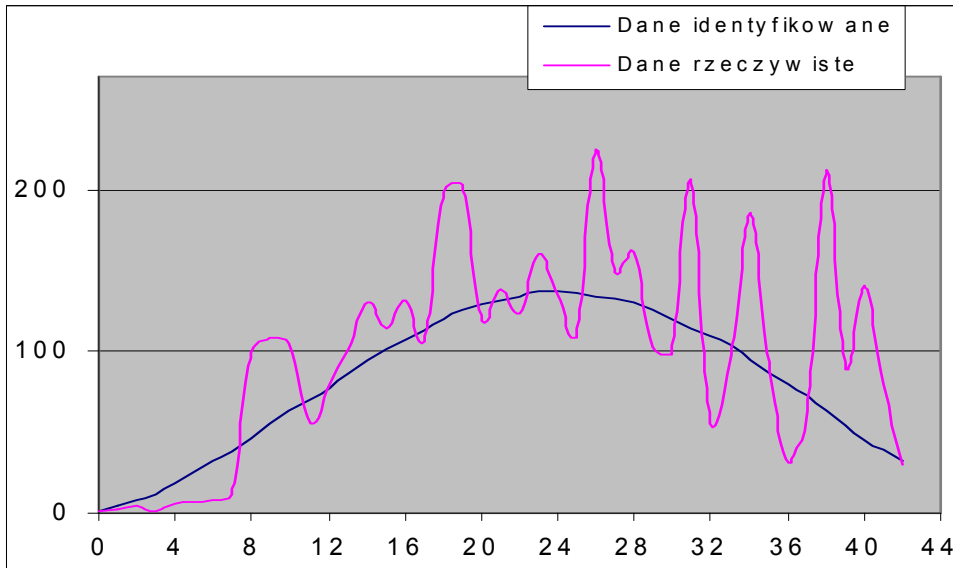
dużym wahnięciom w nieregularnych odstępach czasu, co może wynikać np. z jednorazowych dużych zamówień od strategicznego odbiorcy. W takich przypadkach AG jest w stanie zidentyfikować jedynie ogólny trend, jak np. dla Towaru5 (Rysunek 3.13).

Tabela 3.31 Sprzedaż rzeczywista oraz identyfikacja sprzedaży Towaru5

Miesiące	Sprzedaż rzeczywista	Cena	Sprzedaż identyfikowana	Błąd identyfikacji
0	1,000	177,00000	1,523	0,523
1	2,000	177,00000	4,881	2,881
2	5,000	177,00000	7,667	2,667
3	1,000	177,00000	11,962	10,962
4	6,000	177,00000	18,668	12,668
5	7,000	185,00000	25,908	18,908
6	8,000	185,00000	32,018	24,018
7	11,000	185,00000	37,960	26,960
8	99,000	186,23333	45,721	53,279
9	108,000	188,01481	54,951	53,049
10	105,000	186,55048	63,398	41,602
11	55,000	186,48000	70,277	15,277
12	80,000	178,56763	77,577	2,423
13	101,000	186,61188	86,181	14,819
14	130,000	186,25231	95,021	34,979
15	114,000	187,14211	101,870	12,130
16	131,000	186,77794	107,288	23,712
17	107,000	187,66262	113,326	6,326
18	199,000	180,66588	120,409	78,591
19	203,000	180,28616	126,000	77,000
20	120,000	187,41000	128,878	8,878
21	139,000	186,46403	131,079	7,921
22	124,000	185,98468	134,082	10,082
23	160,000	186,38500	136,897	23,103
24	135,000	185,30148	137,435	2,435
25	111,000	186,28369	135,670	24,670
26	225,000	184,44533	133,927	91,073
27	149,000	185,26846	132,836	16,164
28	162,000	186,19630	130,638	31,362
29	103,000	185,54757	125,898	22,898
30	99,000	185,41111	119,862	20,862
31	207,000	183,73430	114,670	92,330
32	58,000	193,12483	109,637	51,637
33	98,000	182,69816	103,377	5,377
34	186,000	179,30452	94,900	91,100
35	88,000	193,62739	86,158	1,842
36	31,000	192,00000	79,166	48,166
37	63,000	191,48381	72,144	9,144
38	212,000	184,65981	63,454	148,546
39	90,000	196,75556	53,666	36,334
40	141,000	190,26156	45,529	95,471
41	80,000	193,32050	38,896	41,104
42	30,000	200,00000	31,812	1,812
				Σ=1395,083

Zidentyfikowana krzywa popytu dla Towaru4 wygląda następująco:

$$\hat{y}_t = \frac{63,52 - 0,01t + 21,22 \sin(3,27t + 0,09) + 61,19 \sin(5,02t + 5,33)}{P^{0,01}}$$



Rysunek 3.13 Sprzedaż rzeczywista Towaru4 oraz zidentyfikowana przy pomocy AG

Z przytoczonych przykładów widać, że algorytm genetyczny może być uznany za skuteczne narzędzie przy identyfikacji parametrów funkcji popytu dla sprzedaży, mającej charakter okresowy. Jednak metoda nie powinna być stosowana bezkrytycznie i analityk powinien na podstawie uzyskanego błędu identyfikacji oraz oceny wizualnej wykresu stwierdzić, czy identyfikacja została przeprowadzona poprawnie oraz czy na jej podstawie można prognozować sprzedaż. Jak pokazano na przykładzie Towaru4 nawet w przypadku poprawnie przeprowadzonej identyfikacji funkcji popytu, prognoza sprzedaży może być obciążona dużym błędem w przypadku nieregularnych, gwałtownych zmian wielkości sprzedaży.

3.3.3.4. Porównanie metody analizy harmonicznej z metodą wykorzystującą AG

Porównanie klasycznej analizy harmonicznej z metodą wykorzystującą AG w celu identyfikacji parametrów funkcji popytu zostało przeprowadzone na danych, które zostały wykorzystane jako przykładowe przy prezentacji analizy harmonicznej w (Dittmann, 1998 str.93).

Tabela 3.32 Sprzedaż przetworów rybnych w Przedsiębiorstwie Produkcyjno-Handlowym „Stobrawa” w latach 1995-1996 (w tonach)

Rok	Miesiąc											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1995	42	40	39	35	30	30	27	28	30	35	40	45
1996	47	44	46	40	38	38	30	30	38	40	45	48

Po oszacowaniu parametrów funkcja trendu przyjęła postać:

$$f(t) = 34,11 + 0,29 \cdot t$$

Wartości ocen poszczególnych harmonik oraz stopień wyjaśniania (w %) przez harmoniki wariancji zmiennej prognozowanej, przedstawiono w Tabeli 3.33. Największy udział w wyjaśnianiu wariancji sprzedaży ma harmonika o okresie rocznym (90,8%).

Tabela 3.33 Parametry harmonik oraz procent wyjaśnianej zmienności (Dittmann, 1998, str. 95)

Harmoniki		Oceny parametrów		Wyjaśniana wariancja sprzedaży w %
i	okres wahań w miesiącach	a _i	b _i	
1	24	-1,34	-0,14	2,5
2	12	4,99	6,41	90,8
3	8	-0,21	0,45	0,3
4	6	-0,58	0,67	1,1
5	4,8	-0,32	-0,70	0,8
6	4,0	0,12	-0,37	0,2
7	3,4	0,60	0,23	0,6
8	3,0	0,24	1,25	2,2
9	2,7	-0,62	-0,02	0,5
10	2,4	0,24	-0,66	0,7
11	2,2	-0,40	-0,04	0,2
12	2,0		-0,10	0,1

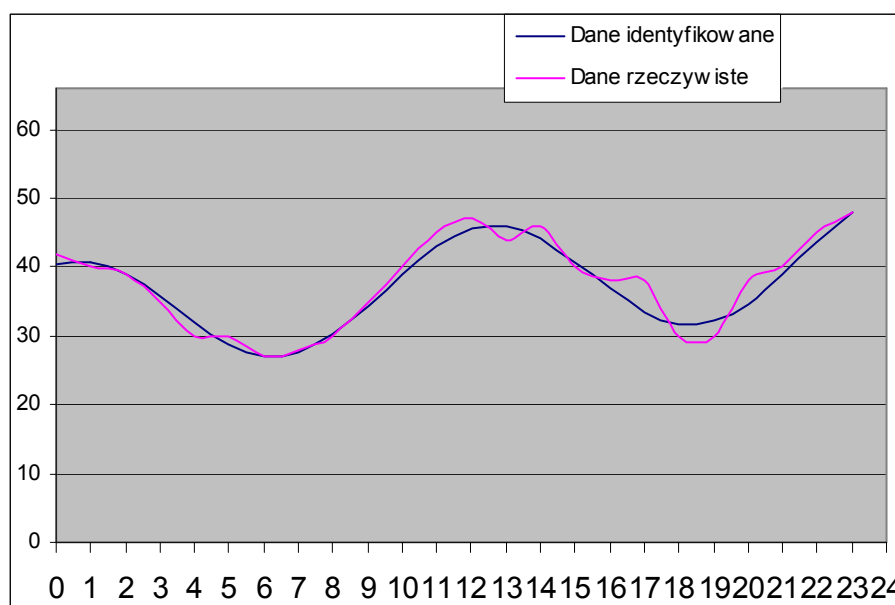
Wyznaczona na podstawie analizy harmonicznej krzywa sprzedaży ma postać:

$$\hat{y}_t = 34,11 + 0,29t + 4,99 \sin(0,52t) + 6,41 \cos(0,52t)$$

Wyznaczona przy pomocy algorytmu genetycznego krzywa ma postać:

$$\hat{y}_t = 32,59 + 0,41t + 0,32 \sin(0,44t + 3,75) + 8,29 \sin(5,76t + 1,84)$$

Jak można zaobserwować w Tabeli 3.34 sumaryczny błąd identyfikacji (wyliczony jako suma błędów w poszczególnych miesiącach) jest mniejszy dla zaproponowanej metody, wykorzystującej algorytm genetyczny do identyfikacji parametrów funkcji popytu. Na Rysunku 3.14 przedstawiono wykres sprzedaży rzeczywistej przetworów rybnych oraz zidentyfikowaną przy pomocy AG krzywą popytu.



Rysunek 3.14 Sprzedaż przetworów rybnych w przedsiębiorstwie „Stobrawa” oraz identyfikacja funkcji popytu przy użyciu AG

Tabela 3.34 Porównanie błędów ex post dla analizy harmonicznej oraz identyfikacji przy użyciu AG

Miesiące	Ilość rzeczywista	Analiza harmoniczna	Identyfikacja AG	Błąd analizy harmonicznej	Błąd identyfikacji AG
0	42,000	42,446	40,399	0,446	1,601
1	40,000	42,216	40,727	2,216	0,727
2	39,000	39,970	38,973	0,970	0,027
3	35,000	36,386	35,712	1,386	0,712
4	30,000	32,504	31,923	2,504	1,923
5	30,000	29,440	28,730	0,560	1,270
6	27,000	28,094	27,102	1,094	0,102
7	28,000	28,904	27,594	0,904	0,406
8	30,000	31,730	30,191	1,730	0,191
9	35,000	35,894	34,319	0,894	0,681
10	40,000	40,356	38,988	0,356	1,012
11	45,000	44,000	43,063	1,000	1,937
12	47,000	45,926	45,560	1,074	1,440
13	44,000	45,696	45,915	1,696	1,915
14	46,000	43,450	44,130	2,550	1,870
15	40,000	39,866	40,781	0,134	0,781
16	38,000	35,984	36,862	2,016	1,138
17	38,000	32,920	33,522	5,080	4,478
18	30,000	31,574	31,763	1,574	1,763
19	30,000	32,384	32,166	2,384	2,166
20	38,000	35,210	34,742	2,790	3,258
21	40,000	39,374	38,923	0,626	1,077
22	45,000	43,836	43,714	1,164	1,286
23	48,000	47,480	47,955	0,520	0,045
				Σ=35,668	Σ=31,805

Identyfikacja parametrów funkcji sprzedaży, przy pomocy algorytmu genetycznego, daje większe możliwości prognozowania popytu, aniżeli znane metody prognozowania w przypadku sezonowości (np. analiza harmoniczna, adaptacyjny model Wintersa (Sariusz-Wolski, 1997)). W pracy przeanalizowano przypadek, gdy funkcja popytu jest okresowa (uwzględniono również podwójną okresowość) oraz podlega trendowi liniowemu. Istnieje jednak możliwość dowolnego kształtowania postaci funkcji sprzedaży, np. uwzględnienia dodatkowych parametrów mających wpływ na popyt. Przeprowadzone na danych rzeczywistych eksperymenty, stanowią jedynie wybrane przez autora przykłady

potwierdzające skuteczność zaproponowanej metody. Liczba przeprowadzonych dotychczas eksperymentów jest rzędu kilku tysięcy, jednak przedstawienie wszystkich wyników nie wniosłoby nowych treści do pracy, a jedynie zaciemniłoby ogólny obraz rezultatów.

Jak wspomniano, nie dla każdego danych, uzyskane wyniki będą satysfakcjonujące. Jeśli uzyskane wyniki są niezadowolające, to głównymi przyczynami mogą być: zła postać funkcji popytu lub nieprawidłowa metoda identyfikacji parametrów. Dodatkowo należy wziąć pod uwagę, że znaleziony zbiór parametrów określający krzywą popytu może nie być optymalnym (taka sytuacja będzie miała miejsce gdy AG znajdzie jedynie minimum lokalne), jednak przybliży krzywą popytu w sposób, który może być przez analityka uznany za wystarczający.

W przypadku gdy analityk uzna, że identyfikacja funkcji popytu nie przebiegła pomyślnie, istnieje możliwość zastosowania innych metod prognozowania. Najprostsze metody są wbudowane w środowisko analityczne Excela. Przykładowo funkcja REGLINX wyznacza przyszłe wartości na podstawie liniowej regresji zakresu znanych danych. Funkcja REGEXPW pozwala na ekstrapolację przyszłych wartości zmiennej w postaci krzywej wykładniczej, najlepiej opisującej znane dane. Bardziej zaawansowane techniki prognozowania wymagają podłączenia osobnych bibliotek funkcji, bądź w postaci prekompilowanych dodatków (*addings*), bądź modułów zawierających kody funkcji. Przykładem prekompilowanych dodatków jest zbiór bibliotek analitycznych *Analysis ToolPak* umożliwiający między innymi analizę Fourierską.

Przedstawiciele piekarni „Interpiek” uznali wyniki przeprowadzonych doświadczeń za zadowolające i sugerują możliwość wykorzystania tej metody przy podejmowaniu decyzji dotyczących wielkości produkcji, jak również zamawiania surowców do produkcji bułek.

3.4. Symulacja obrotów magazynowych w SWD-GM

3.4.1. Klasyczne modele sterowania zapasami

Określenie modelu zamawiania jest niezbędne dla realizacji symulacji obrotów magazynowych. W dalszej części pracy przedstawiono najczęściej spotykane w literaturze modele, a następnie ich wykorzystanie w symulacji przeprowadzonej z wykorzystaniem zrealizowanego SWD-GM.

Modele sterowania zapasami służą do wyznaczania momentu oraz wielkości zamówienia do magazynu. Przepływ towarów w przedsiębiorstwie nie zawsze może być, ze względów technicznych, organizacyjnych, a także ekonomicznych, dokonywany w sposób ciągły. W większości przypadków nie jest bowiem możliwe takie zsynchronizowanie tych procesów w czasie i przestrzeni, aby przerwy i przestoje nie występowały. To z kolei jest przyczyną powstawania zapasów (Skowronek i inni, 1995).

W przedsiębiorstwie przemysłowym zapasy mogą dotyczyć trzech grup (Łubniewski, 1990) :

- surowce i materiały;
- produkcja niezakończona;
- wyroby gotowe i towary.

Przynależność do którejś z wymienionych grup rodzajowych zapasów determinuje pośrednio dobór metod sterowania tymi zapasami. Przed omówieniem poszczególnych modeli zamawiania, przedstawiono strukturę kosztów zapasów, w celu pokazania ich różnorodności i złożoności. Określenie, jakie rodzaje kosztów są dominujące, może sugerować wybór modelu zamawiania i pozwala na jego lepsze dopasowanie do wymogów przedsiębiorstwa.

3.4.1.1. Koszty zapasów

Analiza kosztów zapasów jest niezwykle ważna dla ekonomiki przedsiębiorstwa, ponieważ stanowią one często znaczącą część kosztów całkowitych przedsiębiorstwa. Składają się na nie koszty tworzenia, utrzymania i wyczerpania zapasów (Lenart, 2001).

Na koszty tworzenia zapasów mają wpływ koszty generowania zamówień, co łączy się z funkcjonowaniem i utrzymaniem w przedsiębiorstwie działu zaopatrzenia. Niektórzy autorzy zaliczają również do tej grupy koszty zakupu lub wyprodukowania konkretnych pozycji zapasów (Beier i inni, 1995).

Koszty utrzymania zapasów można podzielić na:

1. koszty zamrożenia kapitału, mające wpływ na obniżenie płynności aktywów przedsiębiorstwa. Informują one o wielkości strat, które wynikają z niewykorzystanych alternatywnych możliwości inwestycyjnych. Określa się je w oparciu o wartość zapasów i przeciętnej stopy oprocentowania w danym okresie. W ekonomii koszt ten zwany jest kosztem alternatywnym lub kosztem utraconych możliwości.
2. koszty magazynowania (bez amortyzacji magazynowych środków transportu).
Na koszty magazynowania składają się nakłady poniesione na:
 - budynki magazynowe;
 - wyposażenie magazynów np. regały, stojaki, czytniki kodów kreskowych;
 - materiały i energię elektryczną, które są niezbędne dla utrzymania warunków przechowywania oraz prowadzenia remontów i konserwacji;
 - wynagrodzenie osób zatrudnionych w dziale gospodarki magazynowej przedsiębiorstwa;
 - opłaty z tytułu podatków od nieruchomości;
 - ubezpieczenia magazynu i zapasów w nim zgromadzonych.
3. koszty utraty wartości towaru związanych z jego psuciem się, utratą wartości związanej z rozwojem technologicznym, zmianą preferencji klientów (moda), itp.

Koszty wyczerpania zapasów odzwierciedlają konsekwencje braku towaru w magazynie w momencie, gdy jest na niego zapotrzebowanie. Można tu wyróżnić dwa przypadki. W pierwszej sytuacji towary muszą zostać ponownie zamówione od dostawcy, w wyniku czego odbiorca czeka na ich nadejście. Wiąże się to z utratą reputacji firmy i stratą zamówień w przyszłości. Drugi przypadek obejmuje sytuację, gdy odbiorca rezygnuje z zamówienia wobec braku towaru w magazynie. Utrata zysku z przewidywanej sprzedaży może zostać powiększona o wartość innych towarów, które nie zostały zakupione z powodu braku możliwości realizacji kompletnego zamówienia.

O celowości posiadania magazynu i jego wielkości decyduje nie tylko koszt magazynowania, ale również wskaźnik poziomu utrzymania zapasu, czyli stosunek kosztów utrzymania magazynu do magazynowanej ilości materiału. Wskaźnik ten informuje o efektywności wykorzystania powierzchni magazynowej przez przedsiębiorstwo.

Dlatego też, aby zminimalizować zapasy, a jednocześnie zapewnić płynny przepływ surowców i towarów, sterowanie zapasami wymaga niemal nieustannego podejmowania decyzji kiedy i na jaką wielkość należy wystawić zamówienie uzupełniające zapasy własne.

3.4.1.2. Modele sterowania zapasami

Do problemów decyzyjnych podejmowanych w zakresie logistycznego zarządzania zapasami należą (Abt, 1998):

- wybór pozycji asortymentowych, których zapasy powinny być utrzymywane;
- określenie wielkości zamawianych partii;
- określenie czasu składania zamówień;
- wybranie metody monitoringu zapasów.

Modele sterowania zapasami można podzielić na statystyczne, optymalizacyjne i dynamiczne (Łubniewski, 1990). Statystyczny model charakteryzuje się prostą ekstrapolacją danych statystycznych z okresów ubiegłych na okresy przyszłe. Szczególną cechą metod statystycznych jest to, że można dzięki nim określić normatywny poziom zapasu w ujęciu ilościowym, wartościowym oraz czasowym. Wśród metod statystycznych można wyróżnić: metodę wskaźnikową, statystyczno-analityczną oraz techniczno-analityczną. Szczegółowy opis tych metod można znaleźć w (Łubniewski, 1990).

Istotą metod optymalizacyjnych jest wybór ze względu na kryterium ekonomiczne, najkorzystniejszych warunków dostaw, a także najefektywniejszych warunków pracy przedsiębiorstwa dla określonego poziomu zapasów. Metody te polegają na wyznaczeniu optymalnej wielkości partii dostawy S lub optymalnej liczby zakupów r , w odniesieniu do konkretnego zapotrzebowania R . Kryterium efektywności wyboru optymalnej wielkości partii dostaw jest minimalizacja łącznych kosztów tworzenia i utrzymania zapasów. Optymalna wielkość dostawy wyliczona na podstawie poszukiwania minimum funkcji będącej sumą kosztów tworzenia i utrzymania zapasów dana jest wzorem (Sariusz-Wolski, 1998):

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot P \cdot K_z}{K_u}}$$

gdzie:

Q_{opt} – optymalna wielkość zamówienia;

P – wielkość popytu;

K_z – koszty tworzenia zapasów;

K_u – koszty utrzymania zapasów.

Można zaobserwować, że koszty zostały podzielone na koszty tworzenia zapasu i koszty utrzymania zapasu. Nie zostały natomiast uwzględnione koszty wyczerpania zapasu – najtrudniejsze do oszacowania.

Metoda wyznaczenia optymalnej partii dostawy ma jednak wiele ograniczeń. Do najważniejszych można zaliczyć:

- założenie stałości popytu, niespełnione w przypadku np. popytu okresowego;
- założenie stałego kosztu jednostkowego – w praktyce przy zamówieniu większej partii towaru oferowane są rabaty ilościowe;
- rozpatrywanie kosztu zakupu jednej partii towaru w kontekście pojedynczego produktu – często zamawia się różne produkty u tego samego producenta, które wysyłane są w tym samym czasie (Beier i inni, 1995).

Dynamiczne modele sterowania zapasami polegają na regulacji intensywności strumienia dostaw, na podstawie informacji o stanach magazynowych. Klasycznymi modelami sterowania zapasami zaliczanymi do tej grupy (zwanymi także metodami kształtowania zapasów oraz politykami zakupów) są (Skowronek i inni, 1995):

- model poziomu zapasu wyznaczający moment zamawiania;
- model stałego cyklu zamawiania.

1. Model poziomu zapasu wyznaczającego moment zamawiania

W modelu poziomu zapasu wyznaczającego moment zamawiania należy obliczyć:

- poziom zapasu alarmowego A , informujący o konieczności złożenia zamówienia u dostawcy;
- wielkość zamawianej partii Q .

Zapasy minimalny (alarmowy) może być wyznaczany ze wzoru:

$$A = D_t \cdot t + C_t$$

gdzie:

A - zapas minimalny (alarmowy);

D_t – prognoza średniego popytu w okresie jednostkowym;

t – przyjęty czas realizacji zamówienia;

C_t – współczynnik bezpieczeństwa wynikający z przyjętego poziomu obsługi klienta.

Wyznaczenie wartości tego współczynnika stanowi jeden z problemów przed jakimi stoi menedżer. W literaturze (Tonndorf, 1998) spotyka się następujące rozwinięcie tego współczynnika:

$$C = k \cdot \sqrt{t} \cdot m$$

gdzie:

k – krotność odchylenia standardowego wynikająca z przyjętego poziomu obsługi klienta, (najczęściej odczytywana z tablic dystrybuanty rozkładu normalnego);

m – odchylenie standardowe wielkości sprzedaży w chwili t_i ;

t – przyjęty czas realizacji zamówienia.

W najbardziej popularnym modelu z tej klasy, znanym pod anglojęzycznymi nazwami *re-order-point*, *two-bin system*, wielkość zamawianej partii może być równa optymalnej partii dostawy, czyli takiej ilości, która zapewnia minimalizację kosztów tworzenia i utrzymywania zapasów. W przypadku gdy określenie kosztu utrzymywania zapasów nie jest możliwe, np. gdy mamy do dyspozycji tylko bazę danych programu gospodarki magazynowej, w którym dokumenty kosztowe nie są ewidencjonowane, wielkość zamówienia Q może zostać wyznaczona ze wzoru:

$$Q = \sum_{i=1}^l D(i)$$

gdzie:

Q – wielkość zamówienia;

i – krok czasowy;

l – okres realizacji zamówienia;

$D(i)$ – popyt w poszczególnych momentach czasowych, wyliczony na podstawie funkcji popytu, uwzględniający błąd prognozy.

Do efektywnego stosowanie tego modelu niezbędna jest znajomość funkcji popytu.

W modelu (s,S) , zaliczanego również do klasy modeli gdzie poziom zapasu wyznacza moment zamawiania, uzupełniające zamówienie generowane jest gdy poziom zapasu obniżył się w magazynie poniżej poziomu alarmowego „ s ”. Zamawiana ilość stanowi różnicę pomiędzy poziomem maksymalnym „ S ”, a faktycznym posiadanym zapasem.

2. Model stałego cyklu zamawiania

W modelu stałego cyklu zamawiania wyznaczane są następujące wartości:

- cykl zamawiania;
- poziom zapasu maksymalnego.

Poziom zapasu maksymalnego zakłada zaspokojenie przewidywanego zapotrzebowania na towar w okresie będącym sumą cyklu zamawiania i przyjętego okresu realizacji zamówień, a także obejmuje zapas bezpieczeństwa, gromadzony na wypadek wystąpienia odchyleń od prognozy popytu.

Do ustalenia optymalnego cyklu zamawiania R wykorzystuje się optymalną wielkość partii dostawy Q_{opt} (wyznaczoną na podstawie przewidywanego popytu i kosztu utrzymania zapasów) oraz prognozę rocznego popytu. Np. gdy prognoza $P=1000$ szt., zaś $Q_{opt}=50$ szt., wtedy należałoby dokonać 20 zakupów w ciągu roku, więc cykl zamawiania wyniesie około 18 dni.

W modelu stałego cyklu zamawiania, wielkości partii dostawy są zmienne i wynikają z różnicy pomiędzy zapasem maksymalnym, a faktycznym zapasem w magazynie w momencie składania zamówienia. Stały natomiast pozostaje czas pomiędzy poszczególnymi zamówieniami.

Model stałego cyklu zamawiania, w przypadku występowania okresowości popytu, nie mógłby być wykorzystywany bez większych modyfikacji, dlatego też przy symulacji obrotów magazynowych wykorzystano model poziomu zapasu wyznaczającego moment zamawiania.

3.4.2. Symulacja obrotów magazynowych

Wykorzystanie symulacji komputerowej w zarządzaniu przedsiębiorstwem stanowi obecnie jeden z dynamicznie rozwijających się kierunków badań. Możliwość sięgnięcia w przyszłość i przeanalizowania skutków podjętych w teraźniejszości decyzji, daje menedżerowi szansę uniknięcia poważnych potknięć. Kierunek badań nad symulatorami w zarządzaniu logistycznym wydaje się być słuszny, gdyż jak pisze Stefan Abt (1998b): „Obok badań operacyjnych, których dorobek znalazł powszechne zastosowanie do wspomagania decyzji menedżerskich, w obszarze zarządzania logistycznego wyjątkową rolę może odegrać symulacja komputerowa, której rozpowszechnienie w tym zakresie jest znikome, zwłaszcza w Polsce”.

Symulator komputerowy pozwala na wielowariantową ocenę skutków proponowanych decyzji. Budując symulator należy mieć na uwadze przede wszystkim dostępność i rzetelność

informacji przyjętej za zbiór danych wejściowych w eksperymentach symulacyjnych. Ogólnie przyjmuje się, że zbiór ten powinien być stosunkowo niewielki, nawet kosztem ograniczenia zakresu zagadnień analizowanych przy użyciu modelu. Przyjęcie przez projektantów nierealistycznych wymogów informacyjnych, nie liczących się z możliwościami istniejącego systemu informacji, jest częstą przyczyną niepowodzeń przy wdrażaniu symulatorów komputerowych jako narzędzi analitycznych (Radościński, 1998b).

Realizowana symulacja obrotów magazynowych zakłada jeden strumień wpływający do magazynu oraz jeden strumień wypływający z magazynu. Strumień wypływający z magazynu zależy od popytu na dany towar. Funkcja popytu jest określona równaniem, którego postać wynika z wcześniej przeprowadzonej analizy sprzedaży. W założonej funkcji popytu istnieje jego zależność od ceny, dlatego też cena została wybrana jako jedna ze zmiennych decyzyjnych. Szczegółową postać funkcji popytu przedstawiono w rozdziale (3.3.3.1, str. 124).

Strumień wpływający do magazynu jest uzależniony od przyjętej metody zamawiania. W proponowanym systemie wspomaganie decyzji wybrano dwa modele zamawiania: (*s-S*) (nazywany często *min-max*) oraz *re-order point* (patrz rozdział 3.4.1). Modele te nie wymagają bowiem informacji na temat kosztów magazynowania, które to informacje nie są zawarte w bazach danych programów GM. Dokumenty kosztowe są ewidencjonowane w programach finansowo-księgowych, które nie mogą być brane pod uwagę jako źródło danych dla systemu wspomaganie decyzji, ze względu na zaszyfrowane dane, które dodatkowo są aktualizowane dopiero pod koniec okresu rozrachunkowego.

W obydwu modelach zamawiania, uzupełniające zamówienie generowane jest gdy poziom zapasu obniżył się w magazynie poniżej poziomu alarmowego (bezpieczeństwa). Klasyczna metoda wyliczenia zapasu alarmowego została przedstawiona w rozdziale (3.4.1.). W metodzie tej przyjęto jednak założenie o stałej wartości popytu. Założenie to nie jest spełnione dla analizowanych danych, stąd uzasadnione wydaje się zaproponowanie innej metody wyznaczania poziomu zapasu alarmowego.

Poniżej przedstawiono propozycję wyznaczenia poziomu zapasu alarmowego wykorzystując wcześniejszą analizę, która została przeprowadzona przy wyznaczaniu parametrów funkcji popytu. Istotną informacją jaką posiada SWD-GM jest błąd jaki wystąpił przy identyfikacji funkcji popytu (patrz rozdział 3.3.3., str. 130). Uzależnienie zapasu alarmowego od tego błędu wydaje się być w tej sytuacji uzasadnione. W przypadku, gdy błąd identyfikacji funkcji popytu jest duży, oznacza to najprawdopodobniej (przy założeniu, że identyfikacja została przeprowadzona prawidłowo), że popyt nie jest stabilny i nie daje się

dobrze przybliżyć do założonej funkcji. W takim przypadku można się spodziewać dużych wahań popytu i wydaje się być zasadnym przyjęcie wysokiego poziomu zapasu bezpieczeństwa. Dlatego też, jako wartość współczynnika bezpieczeństwa, przyjęto błąd powstały przy wyznaczaniu funkcji popytu. W każdym kroku czasowym do wartości przewidywanej sprzedaży (wyznaczonej na podstawie krzywej popytu) jest dodawany wylosowany błąd. Korzystając z uzyskanych w procesie identyfikacji funkcji popytu danych można policzyć wartość oczekiwaną i odchylenie standardowe tego błędu. W pracy przyjęto założenie, że rozkład błędu dostatecznie dobrze daje się przybliżyć rozkładem normalnym.

W modelu (s,S) zamawiana ilość stanowi różnicę pomiędzy poziomem maksymalnym „S”, a posiadanym w magazynie zapasem. W zrealizowanym modelu symulacyjnym przyjęto, że zapas maksymalny jest iloczynem czasu realizacji zamówienia i maksymalną sprzedażą zaobserwowaną w okresie przeszłym.

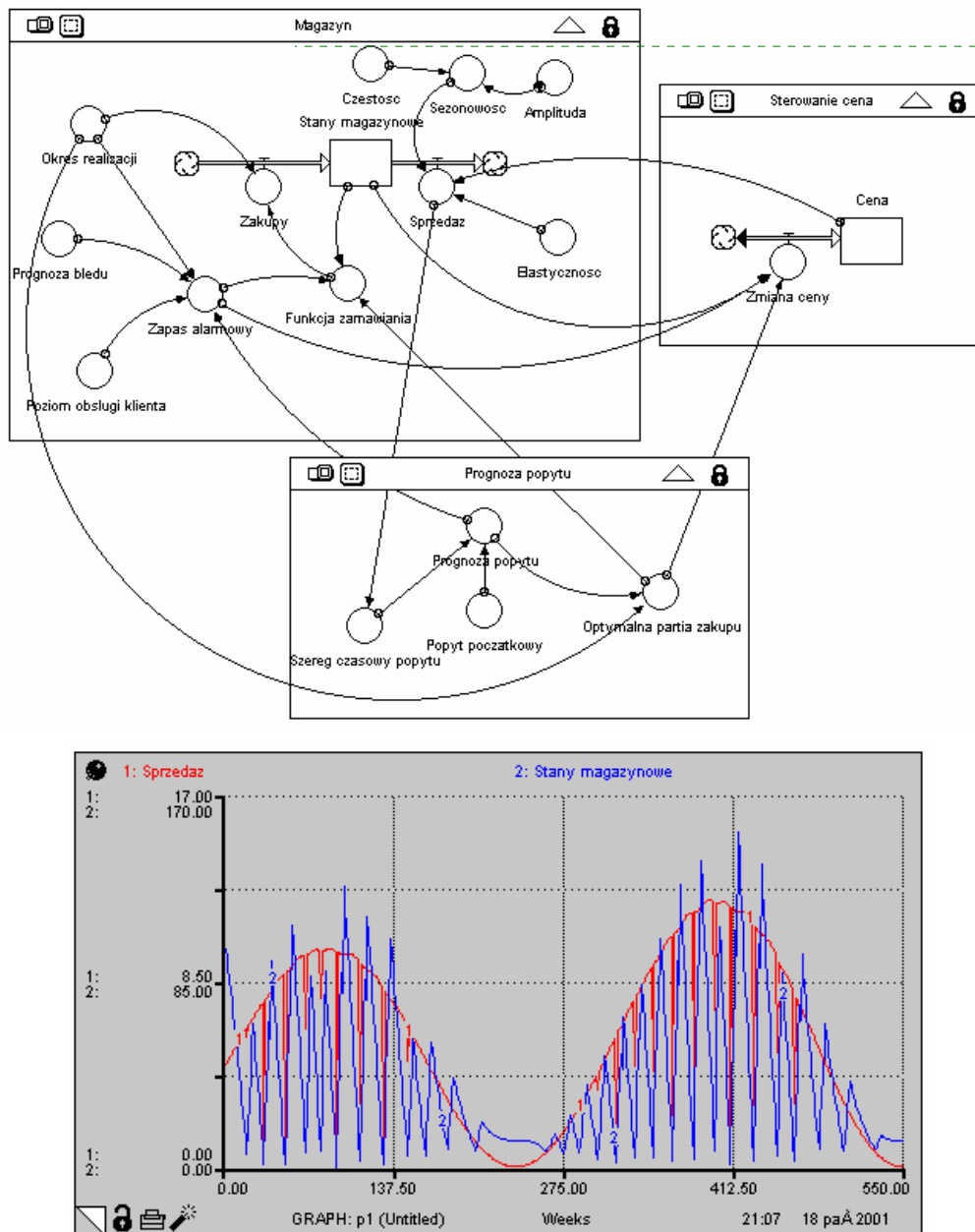
W modelu *re-order point* wielkość zamawianej partii może być równa optymalnej partii dostawy, czyli takiej ilości, która zapewnia minimalizację kosztów tworzenia i utrzymywania zapasów. W przypadku gdy określenie kosztu utrzymywania zapasów nie jest możliwe, np. gdy mamy do dyspozycji tylko bazę danych programu gospodarki magazynowej, w której dokumenty kosztowe nie są ewidencjonowane, wielkość zamówienia Q może zostać wyznaczona jako suma przewidywanej sprzedaży w okresie realizacji zamówienia, powiększona o współczynnik bezpieczeństwa.

Dla jednego i drugiego modelu, zamówienie ilości Q do magazynu jest realizowane w przypadku, gdy stany magazynowe osiągną poziom poniżej zapasu alarmowego.

Pierwotna wersja proponowanego symulatora zbudowana została w programie STELLA[®] (Rysunek 3.15), będącym narzędziem do tworzenia modeli symulacyjnych, opartych na metodologii dynamiki systemów Forrestera. Program ten jest przydatny przy projektowaniu modeli symulacyjnych, ze względu na elastyczność narzędzi do budowy modelu, łatwość modyfikacji parametrów oraz obserwacji wpływu ich wartości na przebieg symulacji (Kwaśnicki, 1998).

Zachęcające wyniki eksperymentów symulacyjnych modelu wstępnego potwierdziły użyteczność proponowanego podejścia. Ta wstępna wersja została przeniesiona ze STELLI[®] do środowiska Excela, dzięki wykorzystaniu języka Visual Basic for Applications. Wybór został podyktowany wieloma zaletami tego języka, takimi jak: możliwość graficznej

wizualizacji wyników oraz praca użytkownika w trybie interaktywnym, dzięki oprogramowaniu zdarzeń przy pomocy VBA (Sosińska-Wit i inni, 2000).



Rysunek 3.15 Model obrotów magazynowych zrealizowany w programie Stella® oraz wynik symulacji przedstawiony na wykresie

Tabela 3.35 Symulacja obrotów magazynowych

Czas	Zapas	Zamówienie do dostawcy	Wielkość zamówienia	Dostawa w drodze	Dostawa do magazynu	Pobranie z magazynu	Cena towaru [zł]	Przychód
0	100,00	20,00		20,00	0,00	20,00	9,30323	186,06
1	100,00	0,00	0,00	20,00	0,00	8,49	9,30323	78,98
2	91,51	0,00	0,00	20,00	0,00	8,73	9,30323	81,26
3	82,78	0,00	68,18	20,00	0,00	8,59	9,30323	79,88
4	74,19	0,00	68,27	20,00	0,00	8,32	9,30323	77,38
5	65,87	0,00	68,17	20,00	0,00	8,42	9,30323	78,35
6	57,45	0,00	68,06	20,00	20,00	8,71	9,30323	81,01
7	68,74	0,00	68,15	0,00	0,00	8,65	9,30323	80,47
8	60,09	68,15	0,00	0,00	0,00	8,35	9,30323	77,72
9	51,74	0,00	0,00	68,15	0,00	8,37	9,30323	77,82
10	43,37	0,00	0,00	68,15	0,00	8,66	9,30323	80,58
11	34,71	0,00	68,11	68,15	0,00	8,70	9,30323	80,93
12	26,01	0,00	68,25	68,15	0,00	8,41	9,30323	78,23
13	17,60	0,00	68,23	68,15	0,00	8,32	9,30323	77,44
14	9,28	0,00	68,09	68,15	68,15	8,60	9,30323	80,02
15	68,82	0,00	68,09	0,00	0,00	8,73	9,30323	81,22
16	60,09	68,09	0,00	0,00	0,00	8,47	9,30323	78,83
17	51,62	0,00	0,00	68,09	0,00	8,30	9,30323	77,25
18	43,31	0,00	0,00	68,09	0,00	8,53	9,30323	79,38
19	34,78	0,00	68,07	68,09	0,00	8,74	9,30323	81,31
20	26,04	0,00	68,20	68,09	0,00	8,54	9,30323	79,49
Suma	1168,02							1773,64

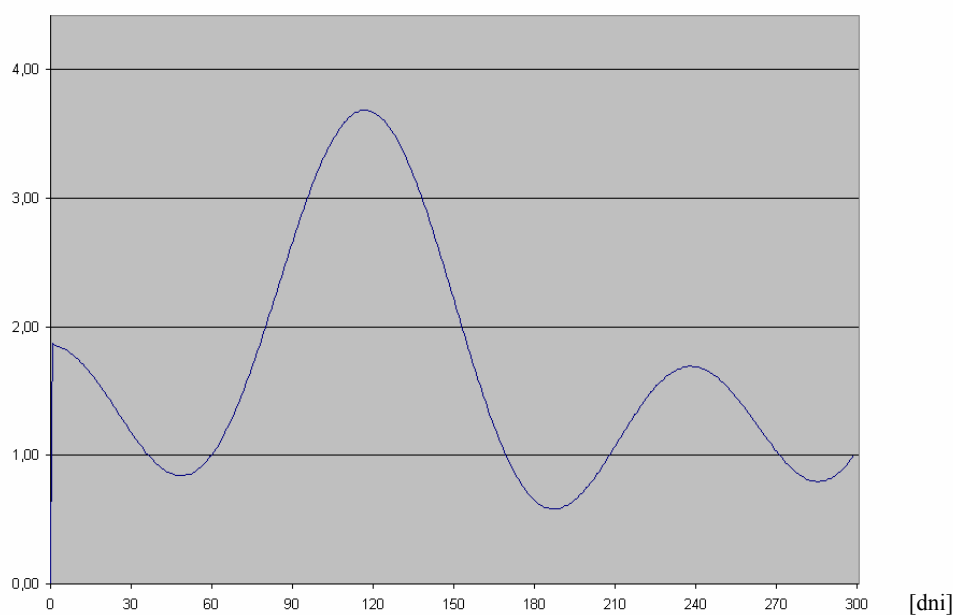
Tabela 3.35 przedstawia przykładową symulację obrotów magazynowych, realizowaną przez SWD-GM. Okres symulacji to 20 dni. Należy zwrócić uwagę na opóźnienie jakie pojawia się od momentu powstania niedoboru w magazynie (zapas magazynowy spada poniżej zapasu alarmowego), a dostawą do magazynu. W proponowanym modelu zamówienie do dostawcy może zostać wysłane w momencie, gdy spełnione są obydwa następujące warunki:

- poziom zapasu magazynowego jest niższy niż zapasu alarmowego,
- nie ma dostawy w drodze.

Gdy warunki te są spełnione, w kolejnej chwili t_i wyrusza dostawa, która dociera do odbiorcy w czasie t_{i+k} , gdzie k jest danym parametrycznie czasem realizacji dostawy. W momencie t_{i+k+1} towar trafia do magazynu i w momencie t_{i+k+2} może być sprzedawany. Przyjęcie takiego czasu realizacji zamówienia uwzględnia sytuację, w której towar nie jest wysyłany w dniu

złożenia zamówienia, oraz sprzedaż nie rozpoczyna się w dniu dostarczenia towaru do magazynu. Opóźnienie w wysyłce towaru spowodowane jest najczęściej koniecznością zapakowania towaru oraz dostarczeniem go do punktu spedycyjnego. Opóźnienie w sprzedaży towaru wynika najczęściej z konieczności sprawdzenia go pod względem ilości i jakości oraz wprowadzenia stanów magazynowych do komputerowego systemu gospodarki magazynowej.

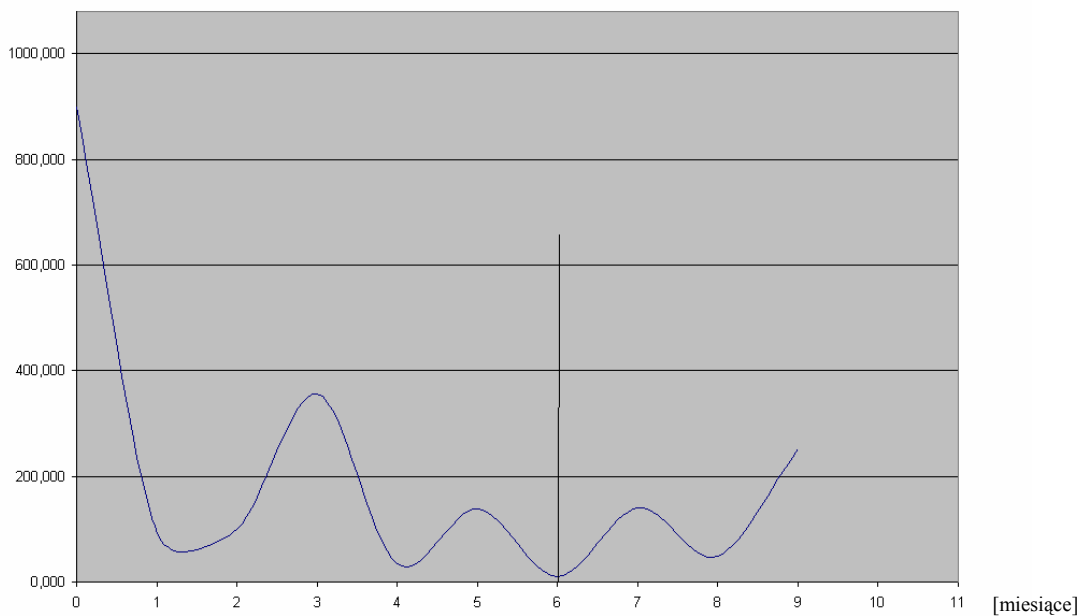
Zrealizowany SWD-GM umożliwia przeprowadzenie symulacji sprzedaży i prezentację wyników na wykresie. Wielkość sprzedaży jest wyznaczana na podstawie zidentyfikowanej wcześniej krzywej popytu. Rysunek 3.16 przedstawia prognozę sprzedaży, wyznaczoną symulacyjnie na 300 dni – można ją więc traktować jako prognozę średnio lub długoterminową.



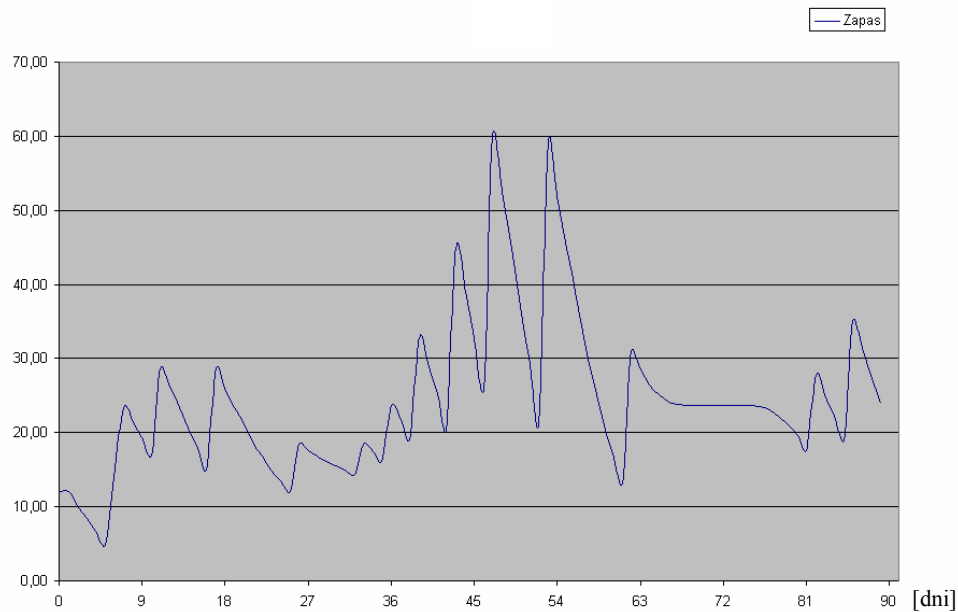
Rysunek 3.16 Symulacja sprzedaży towaru w okresie 300 dni

Po przeprowadzonej symulacji obrotów magazynowych, istnieje możliwość obejrzenia połączonych wykresów sprzedaży rzeczywistej oraz symulacji sprzedaży. Rysunek 3.17 przedstawia sprzedaż rzeczywistą koszulek T-shirt (pierwsze 6 miesięcy) i prognozę sprzedaży (3 miesiące) oddzieloną czarną kreską. Takie połączenie wykresu sprzedaży rzeczywistej z prognozą, daje analitykowi możliwość zaobserwowania, na ile wykres prognozy (będący konsekwencją wcześniejszego określenia funkcji popytu przez system) stanowi kontynuację wykresu sprzedaży rzeczywistej. Należy zaznaczyć, że w SWD-GM

miesięczna sprzedaż rzeczywista jest sumą sprzedaży w danym miesiącu – przykładowo sprzedaż w punkcie 0 (1 miesiącu, w którym zanotowano sprzedaż) stanowi sumę sprzedaży na odcinku (0,1). Symulacja obrotów magazynowych jest natomiast realizowana w dniach. Aby połączyć sprzedaż w ostatnim okresie, ze sprzedażą otrzymaną w wyniku symulacji, należy uwzględnić datę ostatniej sprzedaży z dokładnością co do dnia, a następnie dołączyć wyniki symulacji. Przykładowo jeżeli ostatnia sprzedaż miała miejsce w dniu 6 kwietnia, to na sprzedaż kwietniową złożą się sprzedaż rzeczywista od 1 do 6 kwietnia oraz sprzedaż symulowana w następnych 24 dniach. Takie podejście może dawać zafałszowane wyniki, gdy sprzedaż rzeczywista rozkłada się nierównomiernie w danym miesiącu (np. gdy w pierwszych 6 dniach kwietnia zrealizowana została całkowita sprzedaż kwietniowa).



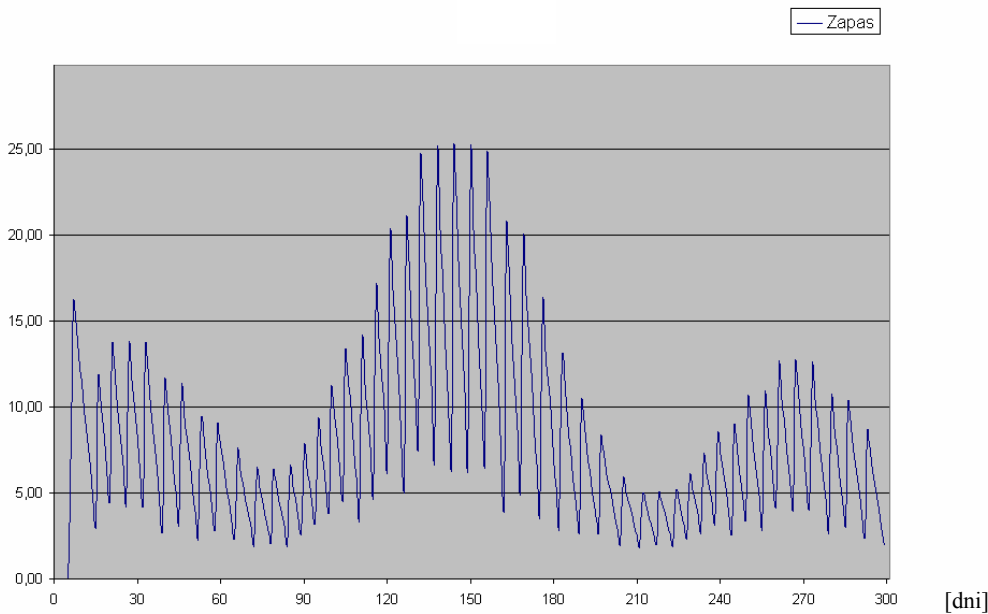
Rysunek 3.17 Sprzedaż rzeczywista oraz prognoza sprzedaży koszulek T-shirt



Rysunek 3.18 Wykres symulacji stanów magazynowych koszulek T-shirt

Symulacja obrotów magazynowych stanowi cenne narzędzie dla analityka, odpowiedzialnego za zamawianie danego towaru. Na podstawie wykresu stanów magazynowych można wywnioskować czy stany magazynowe będą na odpowiednio niskim poziomie. Rysunek 3.18 przedstawia przykładową symulację stanów magazynowych, przeprowadzoną dla towaru koszulki T-shirt. Widać, że stany magazynowe nie spadły poniżej zera oraz, że utrzymywały się na stosunkowo niskim poziomie w porównaniu do wielkości sprzedaży. Zróżnicowanie poziomu zapasów jest spowodowane wahaniami sprzedaży towaru (wielkość zamówienia jest uzależniona od przewidywanej sprzedaży).

Długookresową (10 miesięcy) symulację stanów magazynowych przedstawiono na Rysunku 3.19. Można zaobserwować, że stany magazynowe odzwierciedlają okresowe wahania popytu.



Rysunek 3.19 Długookresowa symulacja stanów magazynowych

Symulacja komputerowa stanów magazynowych stanowi ostatni element SWD-GM (patrz Rysunek 3.1, str. 77). Po wyborze towaru, dokonany dzięki analizie wielokryterialnej i identyfikacji funkcji popytu z wykorzystaniem algorytmu genetycznego, analityk ma możliwość spojrzenia w przyszłość i obejrzenia skutków swoich decyzji.

Jednym z problemów, jakie należy rozwiązać przed przystąpieniem do eksperymentów symulacyjnych, jest określenie horyzontu czasowego w jakim przeprowadzana jest symulacja. Należy wziąć pod uwagę fakt, że podjęte decyzje dotyczące wartości zmiennych decyzyjnych dadzą różne efekty w różnych momentach w przyszłości. Przy rozpatrywaniu decyzji dotyczących zagadnień związanych z polityką cenową oraz sterowaniem zapasami, powinno się rozpatrywać krótkoterminowe efekty podejmowanych decyzji. W dłuższym horyzoncie czasowym należałoby uwzględnić zbyt wiele czynników, które skomplikowałyby model (np. inflacja, polityka fiskalna państwa, postęp technologiczny itp.). Dlatego też sugerowany okres symulacji mieści się w przedziale od 7 do 90 dni, a prognozy o dłuższym horyzoncie czasowym należy traktować, jako wskaźnik ogólnego trendu zmian wielkości sprzedaży.

3.4.3. Analiza *what-if*

Zrealizowany SWD-GM daje możliwość analizy *what-if*, czyli co się stanie jeśli decydent podejmie określoną decyzję. System umożliwia zmianę trzech zmiennych decyzyjnych odpowiedzialnych za obroty magazynowe:

- współczynnika bezpieczeństwa;
- zapasu maksymalnego (w przypadku modelu zamawiania *min-max*);
- ceny sprzedaży.

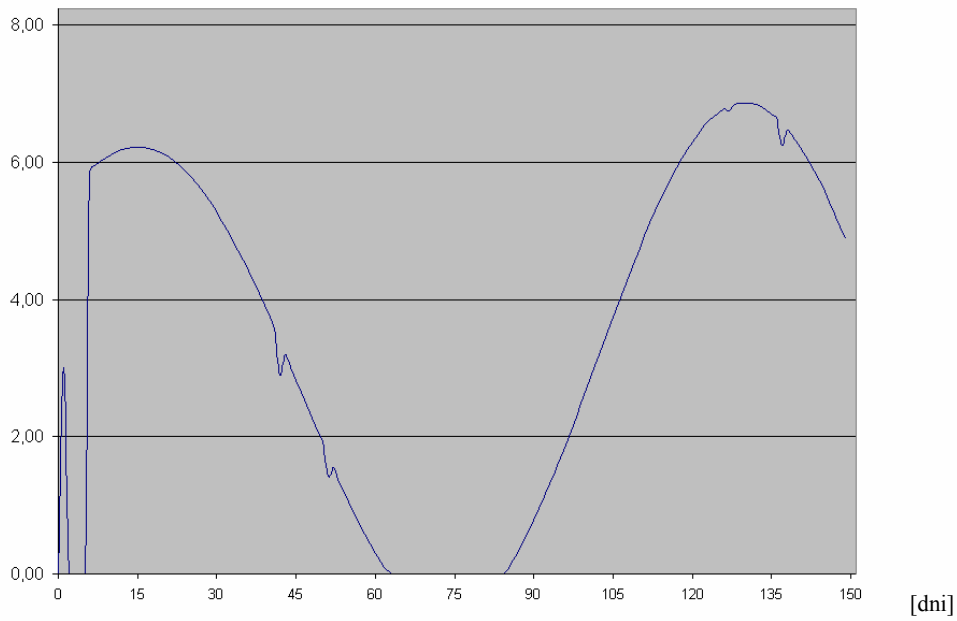
Po ustawieniu w arkuszu wartości zmiennej decyzyjnej, analityk uruchamia symulację. Czas realizacji symulacji na komputerze klasy PC z procesorem Pentium III nie przekracza kilku sekund, można więc uznać, że symulacja dokonuje się w czasie rzeczywistym. Po przeprowadzonej symulacji system umożliwia obejrzenie jej wyników w arkuszu kalkulacyjnym oraz na trzech następujących wykresach:

- wykresie prognozy sprzedaży;
- wykresie prognozy sprzedaży zagregowanej z dotychczasową sprzedażą rzeczywistą;
- wykresie zapasów.

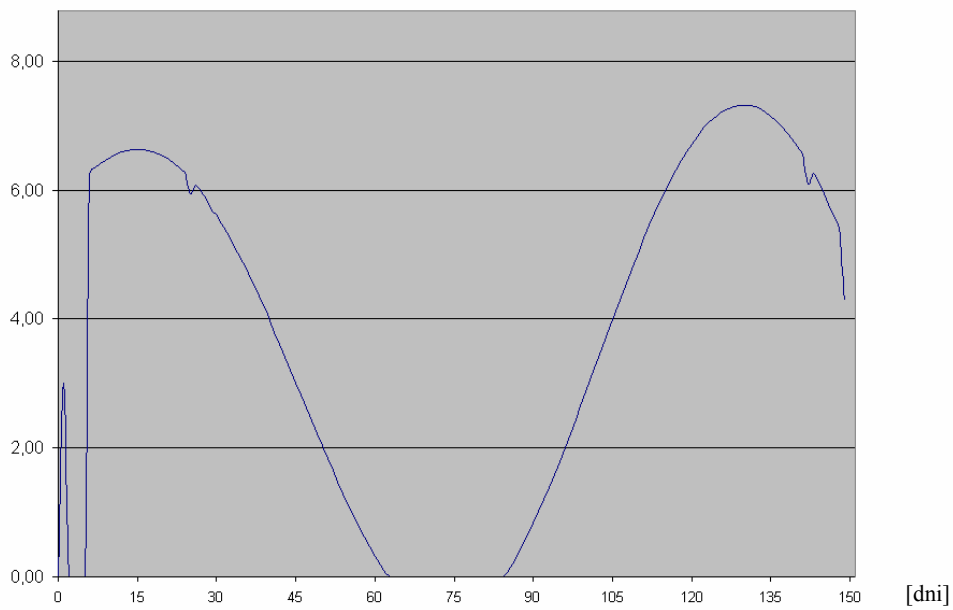
Należy zaznaczyć, że wyniki symulacji są umieszczone w arkuszu kalkulacyjnym, a więc analityk zaznajomiony z obsługą Excela, może przeprowadzać dodatkowe obliczenia (np. dowolną agregację danych), bez konieczności przenoszenia wyników do innego programu.

Dodatkowo, jeżeli analityk stwierdzi, że system nieprawidłowo zidentyfikował krzywą popytu, ma również możliwość poprawy jej parametrów.

Jako przykład analizy *what-if* przedstawiono sytuację (opartą na rzeczywistych danych), w której na krzywej popytu, określonej dzięki wykorzystaniu AG, występuje okres, w którym prawdopodobnie nie będzie sprzedaży (lub będzie na zbliżonym do zera poziomie). Jako procedurę sterowania zapasami przyjęto model *min-max*. Wykresy prognozowanej sprzedaży zostały zrealizowane przy dwóch poziomach ceny 550 zł oraz 570zł (ostatnia zarejestrowana w bazie danych cena sprzedaży towaru wynosi 565 zł) (Rysunek 3.20 i Rysunek 3.21). Porównując obydwa wykresy, można zaobserwować stosunkowo niewielki wzrost sprzedaży przy obniżeniu ceny, tak więc z punktu widzenia zwiększenia przychodów, obniżka ceny nie jest uzasadniona. Natomiast obserwacja wykresów zapasów pozwala wysnuć wniosek, że stosując konsekwentnie model zamawiania *min-max*, przy cenie sprzedaży 550 zł, uzyska się w okresie sprzedaży zerowej niski stan magazynowy towaru (Rysunek 3.23), natomiast przy cenie 570zł przez ponad 20 dni (okres między 60 a 90 dniem) w magazynie będzie znajdowało się ponad 20 sztuk towaru nie podlegającego rotacji (Rysunek 3.22).



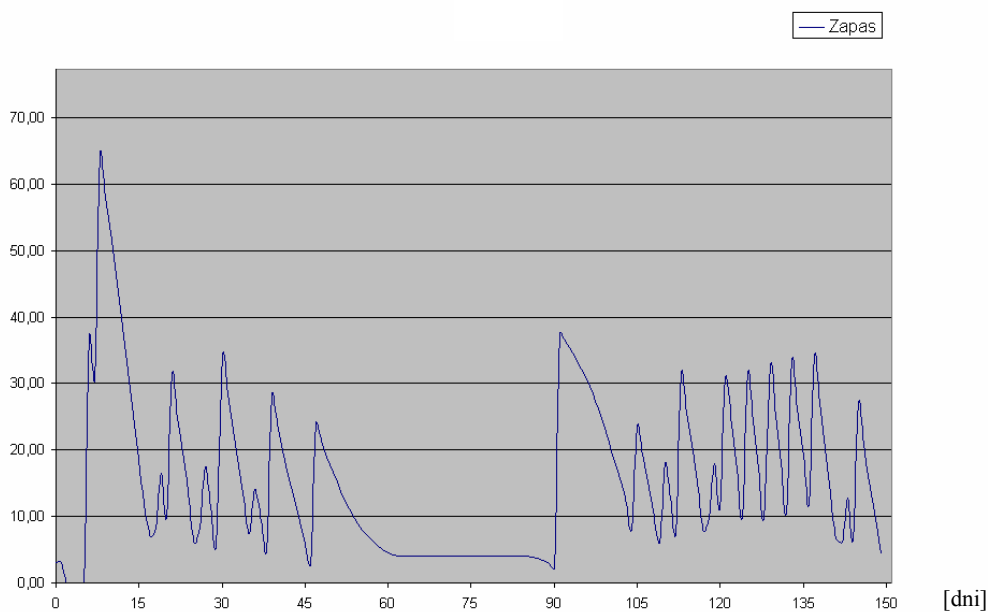
Rysunek 3.20 Wykres prognozy sprzedaży towaru dla ceny 570zł



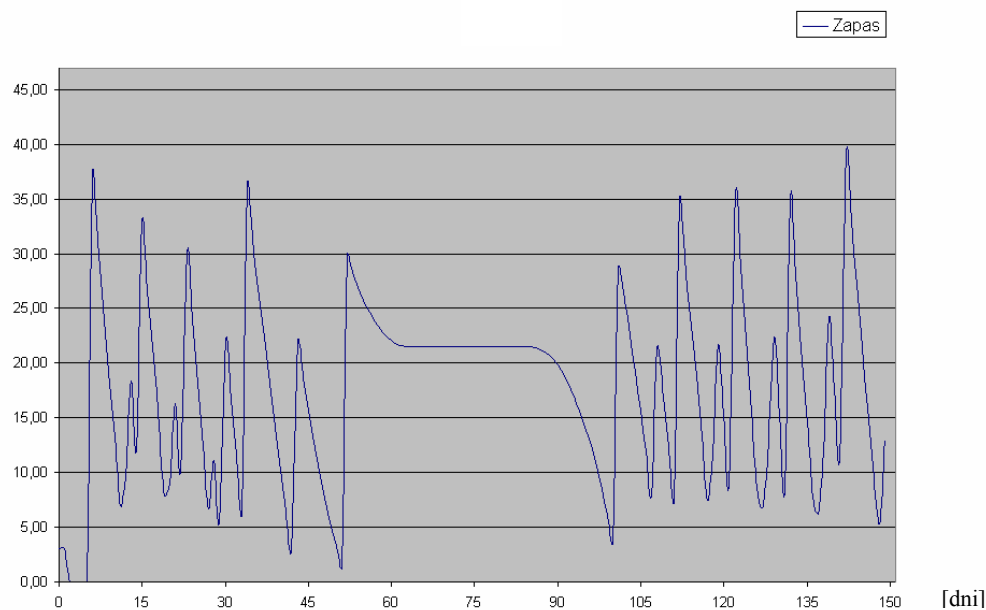
Rysunek 3.21 Wykres prognozy sprzedaży towaru dla ceny 550zł

Jeżeli analityk będzie miał możliwość zobaczenia wykresów stanu zapasu przy różnej wartości ceny, pozwoli mu to zwrócić szczególną uwagę na dostosowanie ceny oraz cyklu zamawiania, do przewidywanej sprzedaży. Bezskrytyczne stosowanie modelu zamawiania (np. w przypadku, gdy kolejne zamówienie jest generowane automatycznie gdy stan zapasu przekroczy określony zapas alarmowy) mogłoby narazić przedsiębiorstwo na straty. Obniżenie ceny sprzedaży w celu uzyskania niskiego poziomu zapasów w okresie spadku popytu, jest ciekawą alternatywą dla narzucającego się w tym przypadku klasycznego rozwiązania, jakim jest zmiana cyklu zamawiania.

Nawet w przypadku, gdy elastyczność cenowa popytu nie została określona prawidłowo lub gdy cena sprzedaży ulegnie znacznej zmianie, wartość proponowanej analizy *what-if* jest niepodważalna, gdyż pozwala na uwidocznienie pewnych zależności, które mogłyby ująć uwagę analitykowi (tak jak w omówionym przypadku zależność ceny sprzedaży od wysokości stanu magazynowego w okresie obniżonego popytu).



Rysunek 3.22 Wykres stanów zapasów dla sprzedaży towaru w cenie 550zł

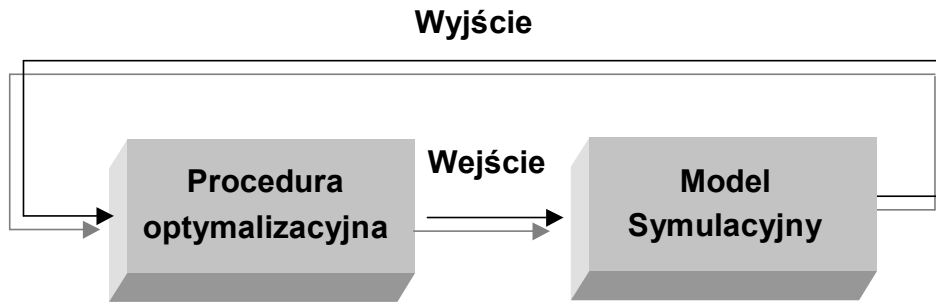


Rysunek 3.23 Wykres stanów zapasów dla sprzedaży towaru w cenie 570zł

3.4.4. Zastosowanie modelu AG+symulator do wspomagania zarządzania zapasami

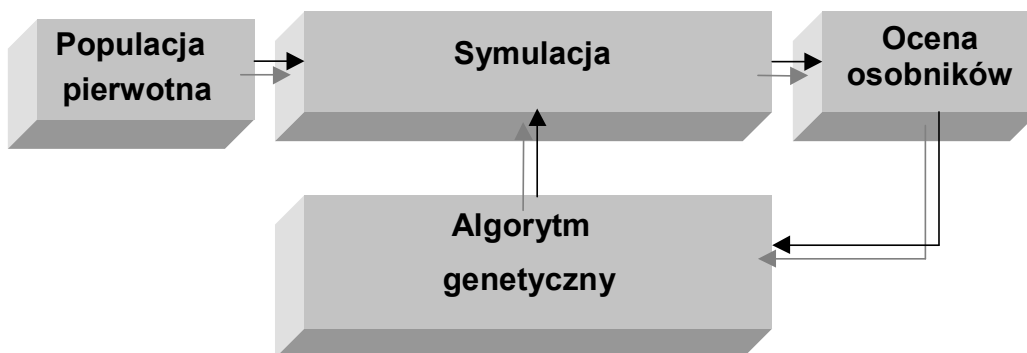
Podjęcie decyzji związanych z obrotem magazynowym, stanowi jeden z podstawowych problemów zarządzania przedsiębiorstwem. Ustalenie właściwej ceny sprzedaży, wielkości i momentu złożenia zamówienia oraz wartości innych zmiennych decyzyjnych, pozwalają na duże oszczędności związane z kosztami magazynowania.

W celu ustalenia optymalnych lub zbliżonych do optymalnych wartości zmiennych decyzyjnych, istnieje możliwość wykorzystania algorytmu genetycznego sprzężonego z symulatorem. Podstawowym założeniem proponowanego modelu jest wykorzystanie sprzężenia zwrotnego, zawierającego procedurę optymalizacyjną i model symulacyjny. Ogólny schemat takiego podejścia przedstawia Rysunek 3.24 (Glover i inni, 1996).



Rysunek 3.24 Koordynacja między symulacją i procedurą optymalizacyjną

Proponowany model składa się z dwóch głównych modułów: symulatora oraz algorytmu genetycznego. Symulator odpowiada za realizację obrotów magazynowych, tzn. dostaw i sprzedaży (schemat symulacji omówiono szerzej w rozdziale 3.4.2). Algorytm genetyczny natomiast, służy do optymalizacji zmiennych decyzyjnych (odpowiedzialnych za obroty magazynowe), będących parametrami symulatora. Modułowy schemat modelu przedstawia Rysunek 3.25.



Rysunek 3.25 Schemat sprzężenia AG z symulatorem

Budowę modelu należy rozpocząć od określenia zmiennych decyzyjnych, będących parametrami symulatora. W zależności od modelu zamawiania mogą to być cena i wartość zapasu maksymalnego lub cena i wartość współczynnika bezpieczeństwa. W celu znalezienia optymalnych wartości zmiennych decyzyjnych, są one kodowane, jako osobniki algorytmu genetycznego.

Ciąg zakodowanych binarnie zmiennych decyzyjnych jest jednym osobnikiem, należącym do pokolenia algorytmu genetycznego. Zbiór osobników stanowi pokolenie, na którym realizowane są operatory genetyczne (opis algorytmów genetycznych przedstawiono w rozdziale 3.3.2.).

W przypadku modelu zamawiania *re-order-point* osobnik może składać się z zakodowanych dwóch zmiennych decyzyjnych i mieć postać:

P										B										
1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0

gdzie:

P – cena sprzedaży towaru;

B – współczynnik bezpieczeństwa.

Na tak zbudowanych osobnikach przeprowadzana jest symulacja obrotów magazynowych - jako parametry symulatora pobrane są wartości zmiennych decyzyjnych, z których składa się osobnik.

W kolejnym kroku dokonywana jest ocena przeprowadzonych symulacyjnie obrotów magazynowych. W przeprowadzonych badaniach przyjęto, że wyniki symulacji najlepiej określa sumaryczna wielkość sprzedaży oraz sumaryczna wielkość zapasów w magazynie. Dlatego też funkcja przystosowania poszczególnych osobników AG może mieć postać:

$$FP = w1 \cdot \sum_t Z_t - w2 \cdot \sum_t S_t$$

gdzie,

FP – funkcja przystosowania;

$w1, w2$ – wagi sumujące się do 1;

Z_t – wartość towaru w magazynie w chwili t , np. jeżeli symulacja obejmuje okres 1 roku należy zsumować stany magazynowe w poszczególnych dniach (tygodniach, miesiącach) roku, mnożąc je przez ceny zakupu towaru;

S_t – wartość sprzedaży w poszczególnych momentach (krokach symulacji);

t – czas.

Jednym z ważniejszych problemów pojawiających się przy tak zdefiniowanej funkcji przystosowania jest jej wielokryterialność. Przy tego typu funkcjach pozostaje kwestia rozstrzygnięcia wartości wag. To zadanie pozostawiono analitykowi, który posiadając wiedzę

dotyczącą konkretnej sytuacji w jakiej znajduje się przedsiębiorstwo, podejmie decyzję czy należy położyć większy nacisk na zmniejszenie zapasów (waga $w1$) czy na maksymalizację sprzedaży (waga $w2$).

W następnym etapie, na podstawie wartości funkcji przystosowania, dokonywana jest selekcja osobników. Zgodnie z przyjętą metodą selekcji osobniki o niższych wartościach funkcji przystosowania, a więc te, które charakteryzują się najniższą sumą zapasów i najwyższą sprzedażą, mają największą szansę na wybór do następnego pokolenia.

Następnie, na tak uzyskanych osobnikach, realizowane są operatory genetyczne, tzn. krzyżowanie i mutacja. Potem znów następuje symulacja i proces się powtarza. Zakończenie wykonywania programu następuje po przeliczeniu założonej liczby pokoleń algorytmu genetycznego lub uzyskaniu wartości funkcji oceniającej, której wartość satysfakcjonuje analityka (przykładowo wartość funkcji oceny spadnie poniżej 0).

3.4.5. Opis eksperymentów

Eksperyment I

Opisany eksperyment pokazuje możliwość wyznaczenia, przy pomocy algorytmu genetycznego sprzężonego z symulatorem suboptymalnych wartości zmiennych decyzyjnych: ceny sprzedaży i współczynnika bezpieczeństwa dla towaru z hurtowni AGD. Jako towar do analizy wybrano pralkę, której wartość sprzedaży znalazła się wśród najlepiej sprzedających się towarów tej hurtowni.

Jako metodę zamawiania przyjęto model *re-order-point*.

Zmiennymi decyzyjnymi, których wartości zostają wyznaczone w eksperymencie są: cena sprzedaży oraz współczynnik bezpieczeństwa. Te zmienne zostają zakodowane binarnie, jako jeden osobnik algorytmu genetycznego.

Przyjęte parametry AG to:

liczebność populacji = 40

prawdopodobieństwo krzyżowania = 0.4

prawdopodobieństwo mutacji genu = 0.1

wielkość chromosomu = 40

wielkość cechy_x = 20

wielkość cechy_y = 20

W celu optymalizacji działania AG konieczne jest określenie zakresu ceny:

$$\text{zakres_dolny_ceny} = \text{cena_min} / 5$$

$$\text{zakres_gorny_ceny} = 3 * \text{cena_max}$$

Przyjęcie jako dolnego ograniczenia ceny, jednej piątej minimalnej ceny sprzedaży oraz górnego ograniczenia ceny, jako trzykrotnej wielokrotności maksymalnej ceny sprzedaży, wydaje się być wystarczającym ograniczeniem. Oczywiście te ograniczenia mogą być dowolnie modyfikowane przez analityka.

Konieczne jest również określenie zakresu współczynnika bezpieczeństwa:

$$\text{zakres_dolny_wspolczynnika_bezpieczenstwa} = 0$$

$$\text{zakres_gorny_wspolczynnika_bezpieczenstwa} = \text{maksymalna_sprzedaz} / 2$$

Przyjęcie jako górnego ograniczenia wartości maksymalnej sprzedaży (z okresu sprzedaży rzeczywistej) podzielonej przez 2 wydaje się być bezpiecznym ograniczeniem.

Funkcja przystosowania algorytmu genetycznego dana jest wzorem:

$$FP = 0,06 \cdot \sum_t Z_t - 0,94 \cdot \sum_t S_t$$

gdzie:

FP – funkcja przystosowania AG;

Z_t – wartość zapasu w momencie t ;

S_t – wartość sprzedaży w momencie t .

Taka postać funkcji przystosowania gwarantuje, że algorytm będzie maksymalizował wartość sprzedaży i minimalizował wartość zapasów. Dobranie takich wag sugeruje położenie większego nacisku na zmniejszenie zapasów, niż na maksymalizację wartości sprzedaży.

Czas symulacji przyjęto na 90 dni, okres realizacji zamówienia wynosi 3 dni.

Funkcja popytu dana jest następującym wzorem:

$$D = \frac{C + B \cdot t + A_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t + \varphi_1) + A_2 \cdot \sin(\omega_2 \cdot t + \varphi_2)}{P^e}$$

gdzie:

$D, t, P, C, B, A_1, A_2, \omega_1, \omega_2, \varphi_1, \varphi_2, e$ – jak dla funkcji popytu opisanej na stronie 123.

Wartości parametrów funkcji popytu zidentyfikowane metodą opisaną w rozdziale 3.3.3:

$$\text{amplituda } (A) = 223493$$

$$\text{czestość } (\omega_1) = 1,58$$

$$\text{przes_fazowe } (\varphi_1) = 0,55$$

$$\text{przes_pionowe } (D) = 555628$$

$$\text{elastyczność_cenowa } (e) = 1,34$$

$$\text{wsp_kierunkowy } (C) = -7,27$$

$$\text{amplituda2 } (B) = 254468$$

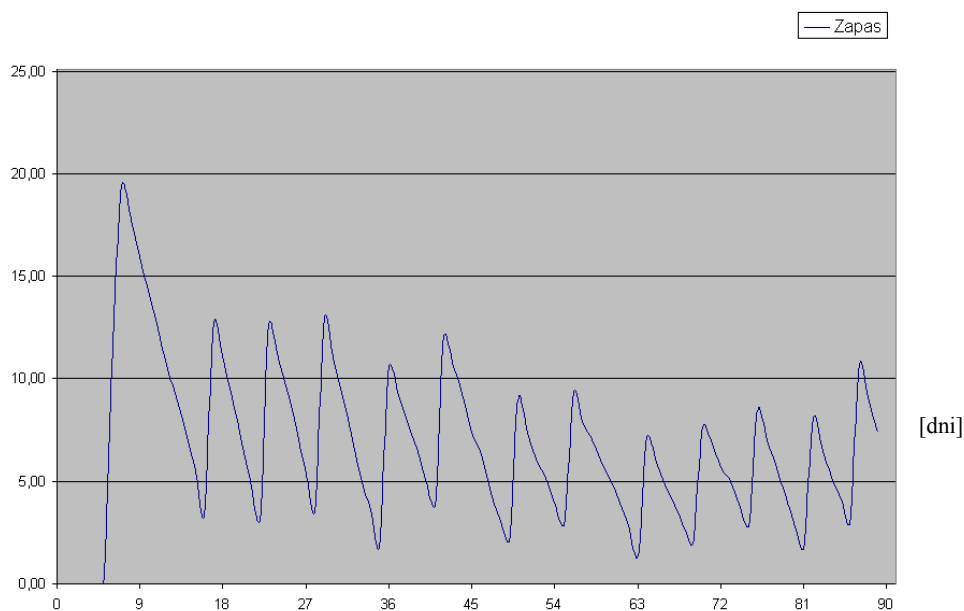
$$\text{czestość2 } (\omega_2) = 0,75$$

$$\text{przes_fazowe2 } (\varphi_2) = 4,89$$

Dla najlepszego znalezionej osobnika (takiego, który ma najmniejszą wartość funkcji przystosowania) uzyskano następujące wartości sumaryczne sprzedaży (S) i wartości stanów magazynowych (Z):

$$\sum_t Z_t = 485112,79$$

$$\sum_t S_t = 110709,49$$



Rysunek 3.25 Wykres symulacji stanów magazynowych

Uzyskany wynik można traktować jako optimum wartości sprzedaży, przy zachowaniu jak najmniejszych stanów magazynowych. Takie optimum można osiągnąć sprzedając towar

w cenie 904,35zł oraz stosując model zamawiania *re-order-point* przy założeniu, że współczynnik bezpieczeństwa (wyliczony według metody opisanej na str. 148) wynosi 0,12.

Tak niska wartość współczynnika bezpieczeństwa sugeruje, że błąd identyfikacji krzywej popytu jest na tyle mały, że w tym wypadku nie ma konieczności trzymania dodatkowego zapasu (wystarczająca jest wartość zapasu wyznaczona na podstawie prognozy sprzedaży). Potwierdza to Rysunek 3.25 na którym można zaobserwować stany zapasów w magazynie dla towaru, którego cena oraz współczynnik bezpieczeństwa (zamówienie składane zgodnie z metodą *re-order-point*) została ustalona w wyniku działania algorytmu genetycznego sprzężonego z symulatorem. Można zaobserwować, że nie wystąpiła sytuacja, kiedy w magazynie zabrakło towaru (za wyjątkiem początkowych dni – w momencie rozpoczynania symulacji w magazynie nie było towaru, kilkudniowy czas realizacji zamówienia, spowodował braki w magazynie).

Eksperyment II

Drugi eksperyment podobnie jak poprzedni pokazuje możliwość wyznaczenia, przy pomocy algorytmu genetycznego sprzężonego z symulatorem suboptymalnych wartości zmiennych decyzyjnych: ceny sprzedaży i współczynnika bezpieczeństwa dla towaru z hurtowni AGD. Jako towar do analizy wybrano pralkę, której sprzedaż odznaczała się regularną okresowością.

Przyjmujemy model *re-order-point* jako metodę zamawiania.

Jako zmienne decyzyjne, określone zostają: cena sprzedaży oraz współczynnik bezpieczeństwa. Te zmienne zostają zakodowane binarnie, jako jeden osobnik algorytmu genetycznego.

Przyjęte parametry AG, w tym zakres górny i dolny ceny i współczynnika bezpieczeństwa pozostają takie same jak dla poprzedniego eksperymentu.

Funkcja przystosowania algorytmu genetycznego dana jest wzorem:

$$FP = 0,04 \cdot \sum_t Z_t - 0,96 \cdot \sum_t S_t$$

gdzie:

FP , Z_t , S_t – jak w poprzednim eksperymencie.

Taka postać funkcji przystosowania gwarantuje, że algorytm będzie maksymalizował wartość sprzedaży i minimalizował wartość zapasów. Dobranie takich wag sugeruje położenie większego nacisku na zmniejszenie zapasów, niż na maksymalizację wartości sprzedaży.

Czas symulacji przyjęto jako 120 dni, okres realizacji zamówienia wynosi 6 dni.

Postać funkcji popytu pozostaje taka jak w poprzednim eksperymencie.

Wartości parametrów funkcji popytu zidentyfikowane metodą opisaną w rozdziale 3.3.3:

$$\text{amplituda } (A) = 51208$$

$$\text{czestość } (\omega_1) = 2,50$$

$$\text{przes_fazowe } (\varphi_1) = 3,35$$

$$\text{przes_pionowe } (D) = 92293$$

$$\text{elastyczność_cenowa } (e) = 1,33$$

$$\text{wsp_kierunkowy } (C) = 22523$$

$$\text{amplituda2 } (B) = 93063$$

$$\text{czestość2 } (\omega_2) = 2,17$$

$$\text{przes_fazowe2 } (\varphi_2) = 5,37$$

Dla najlepszego znalezionej osobnika (takiego, który ma najmniejszą wartość funkcji przystosowania) uzyskano następujące wartości sumaryczne sprzedaży (S) i wartości stanów magazynowych (Z):

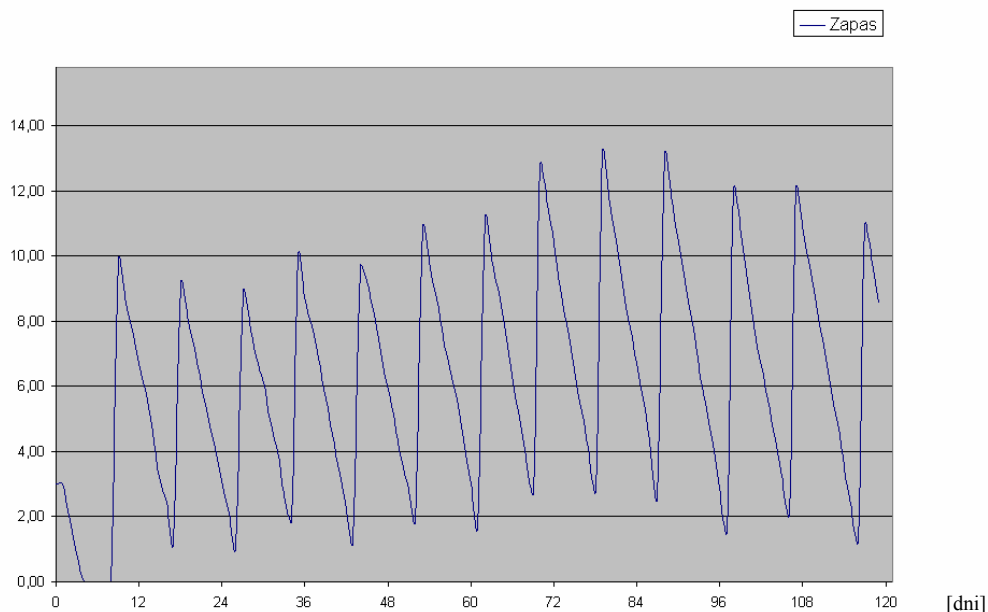
$$\sum_t Z_t = \mathbf{698441,18}$$

$$\sum_t S_t = \mathbf{155183,08}$$

Sprzedając towar w cenie 1055,04zł oraz stosując model zamawiania *re-order-point* przy założeniu, że współczynnik bezpieczeństwa (wyliczony według metody opisanej na str. 148) wynosi 0,17 uzyskuje się optimum wartości sprzedaży i wartości stanów magazynowych.

Podobnie jak w poprzednim eksperymencie niska wartość współczynnika bezpieczeństwa sugeruje, że w tym wypadku nie ma konieczności trzymania dodatkowego zapasu (wystarczająca jest wartość zapasu wyznaczona na podstawie prognozy sprzedaży). Na Rysunku 3.26 można zaobserwować wysokość stanów magazynowych dla towaru, którego cena oraz współczynnik bezpieczeństwa została ustalona w wyniku działania algorytmu genetycznego sprzężonego z symulatorem. Taka sytuacja, gdy AG wyznacza współczynnik bezpieczeństwa jako bliski zera ma miejsce w przypadku, gdy błąd identyfikacji krzywej popytu jest mały, a więc krzywa popytu została zidentyfikowana bardzo precyzyjnie.

Można zaobserwować, że nie wystąpiła sytuacja, kiedy w magazynie zabrakło towaru (za wyjątkiem początkowych dni – w momencie rozpoczynania symulacji w magazynie nie było towaru, sześciodniowy czas realizacji zamówienia, spowodował braki w magazynie).



Rysunek 3.26 Wykres symulacji stanów magazynowych

Opisane eksperymenty zostały przeprowadzone na rzeczywistych danych. Uzyskane wyniki jak i wiele innych eksperymentów potwierdzają skuteczność proponowanej metody. Należy jednak zaznaczyć, że opisana metoda wyznaczanie optymalnych wartości zmiennych decyzyjnych nie powinna być stosowana bezkrytycznie. Przypadkiem, gdy wykorzystanie proponowanego modelu nie przynosi oczekiwanych efektów, jest sytuacja, gdy zidentyfikowana elastyczność cenowa jest niższa niż 1 (jak wynika z przeprowadzonych doświadczeń jest to częsty przypadek).

Aby wyjaśnić dlaczego w takim przypadku AG dąży do maksymalizacji należy przeanalizować funkcję przystosowania. Składa się ona z dwóch członów. Pierwszy z nich jest sumą wartości zapasów określoną jako iloczyn stanów magazynowych towaru i ceny zakupu w poszczególnych momentach symulacji. Drugi element jest sumą wartości sprzedaży określoną jako iloczyn ilości towaru i ceny sprzedaży.

Przyjmując, że sprzedaż odbywa się zgodnie z przyjętą funkcją popytu otrzymujemy:

$$FP = \sum_t P_z \cdot SM_t - \sum_t P_s \cdot \frac{C + B \cdot t + A_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t + \varphi_1) + A_2 \cdot \sin(\omega_2 \cdot t + \varphi_2)}{P_s^e}$$

gdzie:

P_z – cena zakupu towaru;

P_s – cena sprzedaży towaru;

SM_t – stan magazynowy w chwili t ;

$C, B, A_1, A_2, \omega_1, \omega_2, \varphi_1, \varphi_2, e$ – parametry funkcji popytu opisane na stronie 123.

Po przekształceniu otrzymujemy:

$$FP = \sum_t P_z \cdot Z_t - \sum_t P_s^{1-e} \cdot (D + C \cdot t + A \cdot \sin(\omega_1 \cdot t + \varphi_1) + B \cdot \sin(\omega_2 \cdot t + \varphi_2))$$

Można zauważyć, że dla $e < 1$ drugi człon równania rośnie wraz ze wzrostem ceny. Gdy cena sprzedaży rośnie sprzedaż maleje, a więc maleją też obroty magazynowe, dlatego też pierwszy człon maleje (cena zakupu pozostaje stała z założenia a suma wysokości stanów magazynowych maleje). Widać więc, że przy wzroście ceny i wartości współczynnika elastyczności cenowej mniejszego niż 1 wartość funkcji przystosowania będzie malała. Stąd wynika, że AG będzie dążył do maksymalizacji ceny sprzedaży.

Poniżej przedstawiono przykładowy eksperyment, w którym proponowana metoda nie sprawdziła się.

Eksperyment III

Trzeci eksperyment można uznać za negatywny, pokazujący, że dla wartości współczynnika elastyczności cenowej poniżej 1, algorytm genetyczny zgodnie z oczekiwaniami, dąży do maksymalizacji ceny.

Parametry AG oraz ograniczenia górne i dolne ceny i współczynnika bezpieczeństwa dla tego eksperymentu, pozostają bez zmian.

Wartości parametrów funkcji popytu, zidentyfikowane metodą opisaną w rozdziale 3.3.3:

amplituda (A) = 715

czestość (ω_1) = 2,12

przes_fazowe (φ_1) = 2,19

przes_pionowe (D) = 1592

elastyczność_cenowa (e) = 0,38

wsp_kierunkowy (C) = 4,23

amplituda2 (B) = 904

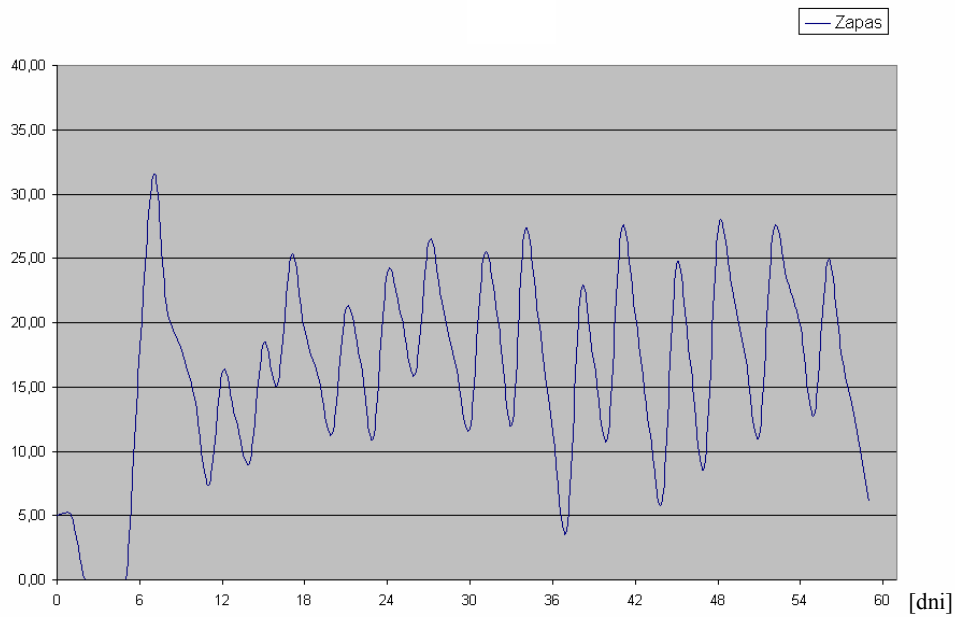
czestość2 (ω_2) = 2,84

przes_fazowe2 (φ_2) = 5,30

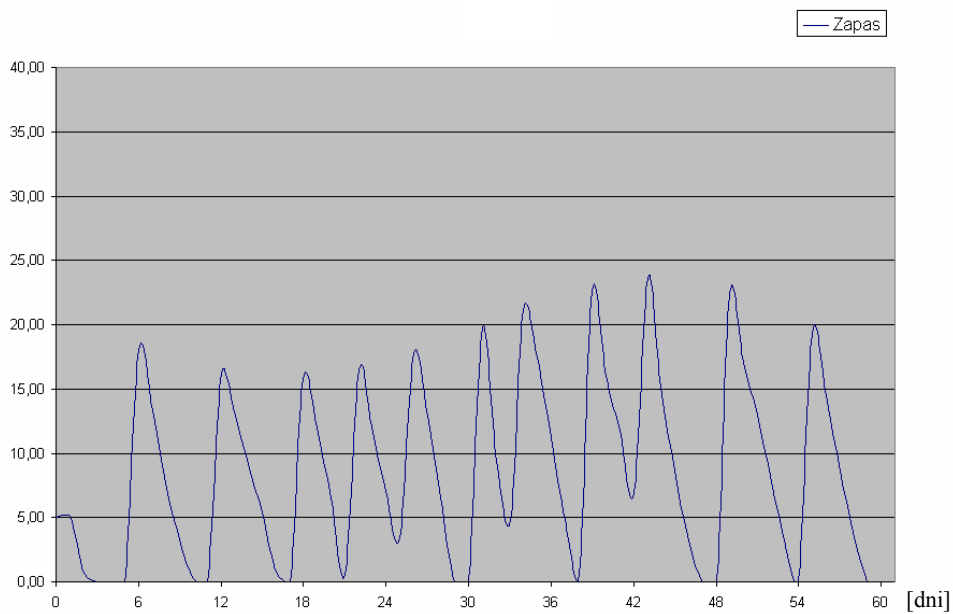
Można zauważyć niską wartość współczynnika elastyczności cenowej (0,38). W wyniku eksperymentu została wyznaczona cena sprzedaży 2272,41 zł. Wysokość ceny jest zbliżona do jej górnego ograniczenia, równego trzykrotności maksymalnej ceny sprzedaży, zaobserwowanej na danych rzeczywistych. Można więc stwierdzić, że znaleziona przez algorytm wysokość ceny sprzedaży, nie może być wykorzystana w praktycznym zastosowaniu. Uzyskany wynik stanowi jedynie sugestię, że cenę sprzedaży należy zwiększyć.

Warto zwrócić uwagę na znaleziony przez algorytm współczynnik bezpieczeństwa, który wyniósł 16,62. Błąd prognozy okazał się na tyle duży, że konieczny okazał się zapas bezpieczeństwa. Na wykresie przedstawiono symulację stanów magazynowych w przypadku, gdy występuje wyznaczony przez algorytm współczynnik bezpieczeństwa (Rysunek 3.27) oraz sytuację, gdy taki współczynnik został pominięty (Rysunek 3.28). Widać, że w drugim przypadku miały miejsce sytuacje, gdy w magazynie nie było towaru.

Można więc stwierdzić, że pomimo niedoskonałości proponowanego modelu AG+symulator, stanowi on narzędzie, które może dostarczyć analitykowi nowych informacji na temat obrotów magazynowych. W tym wypadku pomimo iż jak można uznać, że nie została znaleziona optymalna cena sprzedaży, analityk otrzymał sygnał, że należy zwrócić szczególną uwagę na zapas alarmowy. Dodatkowo system określił proponowaną wysokość współczynnika bezpieczeństwa.



Rysunek 3.27 Symulacja stanu zapasów magazynowych przy współczynniku bezpieczeństwa równym 16,62



Rysunek 3.28 Symulacja stanu zapasów magazynowych bez uwzględnienia współczynnika bezpieczeństwa

Jako kierunek dalszych badań, można wskazać opracowanie takiej funkcji oceny, która byłaby odporna na zróżnicowane wartości współczynnika elastyczności cenowej. Problem ten, który przy pobieżnej ocenie wydawał się niezbyt skomplikowany, po głębszej analizie okazał się znacznie bardziej złożony. Przeprowadzone próby przekształcenia funkcji oceny, nie przyniosły oczekiwanych efektów.

Warto również zwrócić uwagę na to, że funkcja popytu jest wyznaczona na podstawie sprzedaży towaru w danym przedsiębiorstwie, nie uwzględnia natomiast jego otoczenia, a więc całego rynku. Dlatego też podczas symulacji obrotów magazynowych nie jest brana pod uwagę reakcja przedsiębiorstw konkurencji mogąca wpłynąć na zmianę popytu na dany towar. Jako kierunek dalszych badań można wskazać uwzględnienie w symulatorze zewnętrznych czynników odpowiedzi rynku na zmianę ceny sprzedaży towaru.

Przydatna wydaje się być również rozbudowa modelu symulatora o takie elementy endogeniczne jak: wysokość nakładów marketingowych firmy oraz uwzględnienie kosztów nie ewidencjonowanych w programie GM. Zaproponowany model będący elementem SWD-GM, powinien zostać rozszerzony o elementy charakterystyczne dla środowiska, w którym będzie wykorzystywany. Zapewne minie jeszcze kilka lat zanim tego typu implementacje zaczną być stosowane powszechnie, jednak zastosowanie symulacji oraz elementów sztucznej inteligencji, jest na pewno jednym z głównych kierunków rozwoju systemów wspomagania decyzji, stosowanych w gospodarce magazynowej.

4. Ważniejsze aspekty realizacji technicznej SWD-GM

Opis zagadnień związanych z realizacją techniczną SWD-GM przedstawiono w 4 częściach. Pierwszy podrozdział jest uzasadnieniem wyboru konkretnego środowiska programistycznego. W drugiej części przedstawiono metody komunikacji z bazami danych programu gospodarki magazynowej. Szczególną uwagę objęto generowanie zapytań do baz danych z wykorzystaniem języka SQL. W podrozdziale trzecim przedstawiono sposób implementacji algorytmu genetycznego. Ostatni podrozdział zawiera informacje dotyczące interfejsu użytkownika.

4.1. Wybór języka programowania

Obecnie na rynku narzędzi programistycznych istnieje ogromna konkurencja. Obok wielości języków programowania (*C, Pascal, Basic* itd.), zostały stworzone całe środowiska programistyczne, zawierające oprócz kompilatora lub interpretatora danego języka, również zaawansowane narzędzia do tworzenia interfejsu użytkownika i debugowania (możliwości śledzenia wykonywania się programu instrukcja po instrukcji). Ponadto zawierają one gotowe biblioteki funkcji i procedur, umożliwiające np. komunikację z różnymi standardami baz danych, komunikację między kilkoma aplikacjami itp. Jako przykłady takich środowisk programistycznych można wymienić: *Borland Delphi, Microsoft Visual C* oraz *Microsoft Visual Basic*. Pewną modyfikacją *Visual Basic* jest *VBA (Visual Basic for Applications)*, którego wyróżniającą cechą jest zintegrowanie z aplikacją, do której jest dobudowany, np. arkuszem kalkulacyjnym lub edytorem tekstu. Z tego powodu zrealizowany SWD-GM oprogramowany został właśnie w *Visual Basic* dla Aplikacji (VBA). Wybrany przez autora język programowania jest najnowszym wcieleniem *Visual Basic* 3.0 dla Windows. Firma Microsoft udostępniła w *Visual Basic* wszystkie polecenia i obiekty Excela (komórki, arkusze, wykresy itd.). Dzięki temu *Visual Basic* dla Aplikacji pozwala na sterowanie wszystkimi funkcjami Excela. W ten sposób *Visual Basic* dla Aplikacji stał się językiem makropoleceń dla Excela, zachowując jednocześnie dobrze znane polecenia i składnię języka *Basic*. Pełną strukturę obiektów Excela zawarto w Załączniku C.

We wcześniejszej wersji Excela 4.0 istniał język makr. *Visual Basic* dla Aplikacji jest nowszą wersją tego języka. Ponadto w *Visual Basic* dla Aplikacji można korzystać z

obiektów, co czyni go bardziej zrozumiałym, a tym samym łatwiejszym w użyciu, przy pisaniu własnych aplikacji.

Ogromną zaletą Visual Basica dla Aplikacji jest możliwość generowania programów przy pomocy rejestratora makr, który tłumaczy, wykonane myszą lub przy pomocy klawiatury operacje, na kod programu.

Do innych zalet VBA można ponadto zaliczyć:

- prostą składnię języka;
- możliwość komunikacji z zewnętrznymi bazami danych;
- możliwość wykorzystywania narzędzi analitycznych Excela (np. wbudowanych funkcji statystycznych);
- gotowe narzędzia do tworzenia interfejsu użytkownika (generator dialogów, obsługa kontrolek ActiveX);
- rozbudowany debbuger;
- możliwość wykorzystania ukierunkowanego tabelarycznie środowiska Excela.

Visual Basic for Applications łączy więc w sobie możliwości obiektowego języka programowania z tabelarycznym interfejsem arkusza kalkulacyjnego Excel. Takie zintegrowanie wydaje się być optymalnym dla budowy efektywnych ekonomicznych narzędzi analitycznych.

Do wad VBA można zaliczyć brak możliwości pełnej kompilacji kodu programu oraz niejasności w implementacji niektórych wbudowanych funkcji.

4.2. Komunikacja z bazą danych

Możliwości komunikacji z bazami danych stanowią, oprócz interfejsu użytkownika, najważniejszy element środowiska programistycznego, w którym tworzony jest system wspomagania decyzji. Takie cechy jak szybkość dostępu do baz danych, możliwość generowania efektywnych zapytań stanowią czynnik decydujący przy wyborze języka programowania.

Pierwszym etapem działania SWD-GM jest analiza wielokryterialna towarów, która opiera się na zapytaniach SQL do bazy danych dokumentów magazynowych oraz agregacji wyników (Rozdział 3.2). Ponieważ dla średniej wielkości firmy ilość rekordów w bazie danych jest rzędu stu tysięcy, dlatego też odpowiednie oprogramowanie komunikacji z bazą

danych, może mieć decydujący wpływ na szybkość działania systemu. Należy jednak pamiętać, że mimo efektywnego kodu, proponowany DSS nie jest systemem czasu rzeczywistego i na odpowiedź, w przypadku bardzo dużych baz, należy poczekać w zależności od szybkości procesora, nawet do kilku godzin.

4.2.1. Możliwości dostępu do zewnętrznych baz danych

Dostęp do baz danych programów GM z poziomu Visual Basic dla Aplikacji jest uzależniony od formatu tych baz. VBA udostępnia szeroką gamę możliwości korzystania m.in. z następujących typów baz danych:

- bazy danych Microsoft Jet (mdb) – tworzone przez program Access firmy Microsoft;
- bazy danych typu dBASE (dbf) – najczęściej spotykany format relacyjnych baz danych.

Ponieważ zdecydowana większość dostępnych na rynku programów GM posiada bazy danych w formacie dBASE, dlatego też w zrealizowanym SWD-GM wykorzystano techniki komunikacji z tego typu bazami. Techniczne informacje dotyczące komunikacji z bazami danych z poziomu Visual Basic dla Aplikacji zawarto w Załączniku C.

4.2.2. Zapytania w języku SQL

Język zapytań *SQL* służy do generowania zapytań do baz danych i zalicza się do bardzo efektywnych. Zapytanie skierowane są do relacyjnej bazy danych. Ogólna struktura zapytania w języku *SQL* wygląda następująco:

```
SELECT  $x_1, x_2, \dots, x_n$   
FROM  $tabela_1, tabela_2, \dots, tabela_k$   
WHERE  $warunek_1, warunek_2, \dots, warunek_p$ 
```

gdzie:

$1, 2, \dots, n$ – liczba wybranych kolumn

$1, 2, \dots, k$ – liczba tabel z których następuje wybór

$1, 2, \dots, p$ – liczba warunków jakie muszą spełniać wybrane rekordy

W zaimplementowanym SWD-GM istnieje możliwość wyliczenia wartości najpopularniejszych wskaźników obrotu magazynowego, a także niespotykanego w literaturze, wskaźnika zalegania magazynowego. Kod przykładowych zapytań w języku SQL zawarto w Załączniku C.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że aby budować zapytania *SQL* do bazy danych, potrzebna jest znajomość jej struktury (powiązań relacyjnych) oraz nazw poszczególnych kolumn. W przypadku, gdy bazy danych znajdują się w osobnych, niekodowanych plikach, istnieje możliwość rozpisania struktury baz danych bez pomocy firmy implementującej program GM (nie każda firma oferuje serwis), wykorzystując ogólną wiedzę o strukturze baz danych gospodarki magazynowej (patrz rozdział 1.2.2).

4.3. Implementacja AG

Implementacja algorytmów genetycznych została również stworzona w języku VBA (Visual Basic for Application). Dowolna wizualizacja danych na wykresach sprawia, że praca z AG staje bardziej czytelna, gdyż można obserwować wpływ zmian poszczególnych parametrów algorytmu na uzyskiwane wyniki (np. średnia wartość funkcji przystosowania pokolenia, wartość funkcji przystosowania najlepszego osobnika, ilość mutacji itp.). W przypadku, gdy użytkownik SDW-GM posiada podstawowe wiadomości z dziedziny AG, może w znacznym stopniu poprawić działanie algorytmu przez zmianę jego parametrów. Śledząc w sposób świadomy działanie AG może on zaobserwować, na przykład, zbieżność wszystkich osobników do jednego, co sugeruje, że należy zwiększyć prawdopodobieństwo mutacji.

Mimo iż do poważnych wad VBA można zaliczyć to, że jest to język interpretowany (kod programu nie zostaje skompilowany do postaci wykonywalnej), przez co programy działają wolniej, wydaje się być on językiem dającym możliwość efektywnego oprogramowania algorytmów genetycznych. Kod głównej procedury realizującej AG znajduje się w załączniku C.

Stworzono również wersję oprogramowania, w której w dowolnym momencie można obejrzeć, jak wygląda pokolenie – osobniki są wyświetlane w kolejnych arkuszach, wraz z wyliczoną funkcją przystosowania. Ta wersja oprogramowania może być używana do celów

szkoleniowo-dydaktycznych, jednak jej praktyczne zastosowanie jest niewielkie ze względu na powolne działanie programu. Zapisywanie danych do arkuszy jest znacznie bardziej czasochłonne niż operacje na tablicach, realizowane w pamięci operacyjnej komputera.

4.4. Interfejs użytkownika

Komunikacja z użytkownikiem odbywa się przy pomocy przycisków umieszczonych na arkuszach oraz okien dialogowych. Użytkownik ma również do dyspozycji standardowe elementy interfejsu użytkownika dostępne w Excelu.

Główne menu systemu (Rysunek 4.1) składa się z przycisków umieszczonych na arkuszu. W momencie uruchamiania programu, makro zawarte w autostarcie zawsze ustawia arkusz *menu*, jako aktywny. Znajdujące się w menu głównym przyciski pozwalają na przejście do innego arkusza, bądź też w przypadku przycisków *Wielokryterialna analiza towarów* i *Wybór towaru do analizy*, uruchomienie okna dialogowego.

Wielokryterialna analiza towarów	P a r a m e t r y	Sprzedaż	Stany magazynowe	O g ó l n e
Wybór towaru do analizy		Zysk	Średni zapas	
Analizator		Rentowność	Wystarczalność	
Symulator		Obroty	Zaleganie	
	Rotacja	Wielokryterialna		

Rysunek 4.1 Główne menu SWD-GM

Ustawienie parametrów systemu odbywa się w arkuszu *parametry*, do którego przechodzi się, wciskając przycisk o tejże nazwie. Parametry zostały podzielone na grupy, są to m.in. parametry ogólne (np. ścieżka dostępu do baz danych, format baz danych), parametry symulatora (np. czas symulacji, wybór modelu zamawiania, okres realizacji zamówienia), parametry algorytmu genetycznego (np. liczebność populacji, ilość generacji, prawdopodobieństwo krzyżowania). Przykładowy fragment arkusza z parametrami dotyczącymi algorytmu genetycznego przedstawia Tabela 4.2.

Tabela 4.2 Parametry algorytmu genetycznego

Parametry AG	Wartość
Liczebność populacji	100
Prawdopodobieństwo krzyżowania	0,4
Prawdopodobieństwo mutacji	0,1
Ilość generacji	10000

Do niektórych komórek arkusza zostały dodane komentarze, zaznaczone czerwonym trójkątem, w prawym górnym rogu komórki. Zawarto w nich informacje objaśniające parametry, bądź też sugerowane lub możliwe wartości parametrów.

Po prawej stronie menu głównego znajduje się 10 przycisków z nazwami poszczególnych zestawień oraz przycisk „Ogólne”. Przyciski służą do przechodzenia do arkusza zawierającego dane zestawienie; na nich znajdują się przyciski, pozwalające na powrót do głównego menu.

Przycisk „Ogólne” powoduje przejście do arkusza zawierającego zagregowane wszystkie zestawienia. W arkuszu tym istnieje możliwość sortowania po dowolnym wskaźniku, wykorzystując przyciski, „Sortuj” umieszczone w nagłówku kolumny (Rysunek 4.2).

MENU	Sortuj	Sortuj	Sortuj	Sortuj	Sortuj	Sortuj	Sortuj
Nazwa towaru	Sprzedaż	Sprzedaż [zł]	Zysk	Rentowność	Obroty [szt]	Obroty	Rotacja
PODKOSZULKA KR. REKAW@@P-0011	2241,0	22 521,60 zł	10 754,43 zł	191,4%	1,34	13,44 zł	5,81
T-SHIRT.@@*	1628,0	22 319,00 zł	8 129,97 zł	157,3%	1,51	20,70 zł	39,36
FARTUCH ROBOCZY@@F-0024	544,0	21 659,10 zł	10 313,70 zł	190,9%	0,32	12,92 zł	2,77
REKAWICE DZIANINOWE@@R-0032	12334,0	21 117,86 zł	9 632,49 zł	183,9%	7,36	12,60 zł	7,64
REKAWICE WZM.SKORA NIEOBSZYTE@@R-0042	7000,0	20 340,00 zł	4 000,00 zł	124,5%	6,64	19,30 zł	37,46
UBRANIE TRUDNOPALNE@@U-0015	134,0	20 170,40 zł	7 440,45 zł	158,4%	0,08	12,03 zł	46,76
CZYSCIWO BAWELNIANE	6100,0	19 148,50 zł	9 755,50 zł	203,9%	3,82	12,00 zł	9,75
! KOMP.SEREK /110-128/@@!	625,0	19 102,90 zł	8 825,20 zł	185,9%	0,53	16,24 zł	-9,86
FARTUCH STILON@@F-0019	1119,0	19 029,54 zł	8 214,88 zł	176,0%	0,67	11,35 zł	4,41
KAMIZELKA OCIEPLANA@@K-0001	662,0	18 934,00 zł	5 268,25 zł	138,6%	0,39	11,30 zł	11,49
[TKANINA TRUDNOPAL VOLVO	1022,8	18 537,96 zł	65,41 zł	100,4%	1,04	18,84 zł	725,32
:FREZ A 161.503.85	10,0	18 000,00 zł	15 500,00 zł	720,0%	0,01	18,27 zł	3650,00
:FREZ B 161.504.85	10,0	18 000,00 zł	15 500,00 zł	720,0%	0,01	18,27 zł	3650,00
[TKANINA OLEJODPORNA	1516,0	17 888,80 zł	0,00 zł	100,0%	1,25	14,74 zł	553340,00
GASNICA PROSZKOWA 6KG@@G-0008	130,0	17 228,50 zł	5 758,50 zł	150,2%	0,10	12,66 zł	25,07
TKANINA DRELICH ZIELEN AMAZONK@@T-0030	2286,4	16 219,97 zł	0,00 zł	100,0%	1,37	9,75 zł	17,74

Rysunek 4.2 Fragment arkusza agregującego wszystkie zestawienia

Przechodzenie pomiędzy arkuszami jest możliwe także z wykorzystaniem zakładek, znajdujących się z na dole ekranu. Jest to standardowa metoda poruszania się między arkuszami, oferowana przez Excela. Jednak ze względu na dużą ilość arkuszy, komunikację ułatwiono użytkownikowi przy pomocy przycisków umieszczonych na arkuszach. Przyciski rozmieszczono, biorąc pod uwagę najbardziej prawdopodobną ścieżkę przejść pomiędzy arkuszami.

Okna dialogowe stworzono przy pomocy kreatora formularzy, który znajduje się w standardowym pakiecie VBA. Przykładowe okno dialogowe służące do wyboru zestawień analizujących towary, przedstawia Rysunek 4.3.

Jako główne elementy tego okna można wskazać pola edycyjne, służące do podania procentowych wag danego zestawienia oraz obiekty typu *checkbox* (w języku polskim spotyka się odpowiednik - „pole wyboru”), służące do odznaczania lub zaznaczania poszczególnych zestawień. Jeżeli wagi nie sumują się do 100, system sam proponuje poprawę wag i proporcjonalnie przelicza wagi tak, aby ich suma była równa 100. Zaznaczenie checkboxa *Normalizacja danych* spowoduje, że wartości wyliczonych wskaźników zostaną znormalizowane do przedziału (0,1). Kolejny checkbox *Wartościowe zestawienia*, ma zastosowanie dla tych zestawień, które mogą być liczone zarówno ilościowo, jak i wartościowo (np. sprzedaż). Jego odznaczenie spowoduje, że jako wynik do agregacji zostaną pobrane dane wartościowe.

Wybór zestawień	Wagi [%]	Wybór zestawień	Wagi [%]
<input checked="" type="checkbox"/> Sprzedaż	50	<input type="checkbox"/> Stan magazynu	
<input checked="" type="checkbox"/> Zysk	50	<input type="checkbox"/> Średni zapas	
<input type="checkbox"/> Rentownosc		<input type="checkbox"/> Wystarczalność	
<input type="checkbox"/> Obroty		<input type="checkbox"/> Zaleganie	
<input type="checkbox"/> Rotacja			

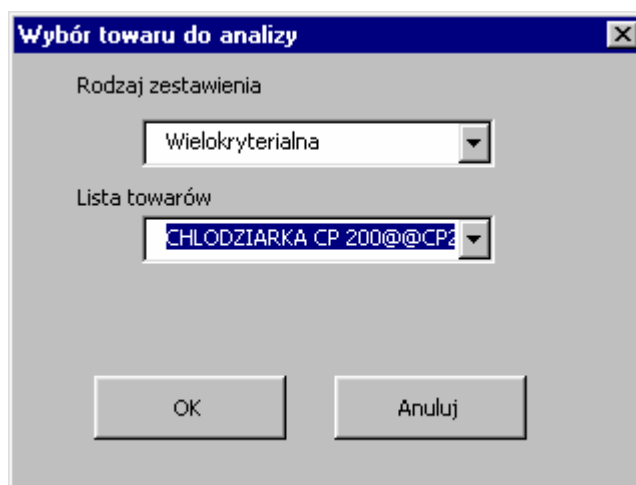
Rysunek 4.3 Okno dialogowe *Zestawienia*

Pola typu checkbox zostały umieszczone przy wszystkich zestawieniach. Ich odznaczenie powoduje, że dane pobierane są bezpośrednio z baz danych i zapisywane do arkusza. W przypadku, gdy użytkownik chce przeprowadzić wiele analiz na tych samych danych, nie ma konieczności, aby za każdym sięgać do baz danych (jest to czasochłonne). Do takiej analizy

należy wykorzystać dane, które zostały zapisane w arkuszu, nie należy więc zaznaczać pola checkbox przy danym zestawieniu, a jedynie podać wagę procentową jaką dane zestawienie ma stanowić w zagregowanej funkcji.

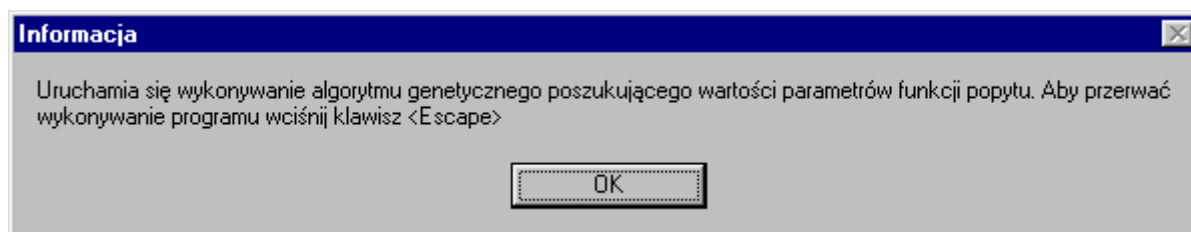
Do przycisków znajdujących się w oknie dialogowym, podpięte są procedury, uruchamiające określone akcje. Do przycisku *OK* przypisane jest procedura uruchamiająca sprawdzenie poprawności wag (czy sumują się do 100), a następnie przekazująca sterowanie do odpowiednich procedur, wyliczających wartości wybranych zestawień.

Wybór towaru do analizy następuje z wykorzystaniem list rozwijanych (Rysunek 4.4), na których znajdują się towary, które w arkuszu danego zestawienia znajdują się na pierwszych pozycjach. Ilość pozycji na liście towarów dana jest parametrycznie (w arkuszu *Parametry* w grupie parametrów ogólnych). W pierwszej kolejności użytkownik wybiera rodzaj zestawienia i automatycznie, na drugiej liście, pojawiają się towary dotyczące tego zestawienia. Jeżeli na liście towarów nie znajduje się pozycja, której sprzedaż menedżer chce przeanalizować należy albo odpowiednio posortować towary w arkuszu, albo zwiększyć parametr odpowiedzialny za ilość towarów na liście.



Rysunek 4.4 Okno dialogowe *Wybór towaru do analizy*

Uproszczoną odmianą okien dialogowych są okna zawierające jedynie komunikaty informacyjne, bądź ostrzegawcze. Przykładem występującym w SWD-GM, jest okno z komunikatem, informujące o rozpoczęciu obliczeń i możliwości ich przerwania (Rysunek 4.5).



Rysunek 4.5 Okno informacyjne

Podobne okna występują w systemie we wszystkich newralgicznych momentach, w których mogą one dostarczyć użytkownikowi informacji o tym, na jakim etapie znajduje się wykonywanie programu. Pewien problem stanowią zapytania *SQL*, które będąc jedną instrukcją, nie mogą zostać przerwane w sposób naturalny. Dlatego też nie ma możliwości wyświetlenia informacyjnego okna dialogowego podczas wykonywania czasochłonnego zapytania do bazy danych.

Na uwagę zasługuje automatyczne przeliczanie parametrów wykresu funkcji popytu, realizowane w kodzie programu, na podstawie danych sprzedaży. Tego typu kosmetyka wykresu zaoszczędza użytkownikowi czasu oraz wysiłku potrzebnego na właściwe skonfigurowanie skali i zakresu osi. Przykładową procedurę realizującą automatyczne formatowanie wykresu zawarto w Załączniku C.

Interfejs użytkownika stanowi jeden z najistotniejszych elementów każdego systemu wspomaganego decyzji, dlatego też w zrealizowanym SWD-GM położono duży nacisk na jego czytelność i prostotę obsługi.

Podsumowanie

Przeprowadzona w pierwszym rozdziale analiza polskich programów gospodarki magazynowej wykazała, że stanowią one dojrzałe rozwiązania informatyczne. Rynek programów GM jest w Polsce jeszcze bardzo młody, jednak ze względu na duże zapotrzebowanie jakie tworzą rozwijające się firmy przemysłowo-handlowe, dynamicznie się rozwija. Patrząc na ewolucję polskich systemów GM można stwierdzić, że znajdują się one na etapie doskonalenia i dopasowywania do różnorodnych wymagań klientów.

Przedstawiona metodologia porównania programów GM oraz ich klasyfikacja, może stanowić pomoc zarówno dla nabywcy programu, jak i firm programistycznych tworzących oprogramowanie dla małych i średnich przedsiębiorstw. Wydaje się, że omówione 38 cech programów oraz 11 zestawień mogą stanowić wystarczające kryterium porównawcze (Rozdział 1.4).

Opisane elementy wdrażania oraz serwisu programów gospodarki magazynowej pokazują różnorodność usług, jaką oferują firmy serwisowe (Rozdział 1.5). W przyszłości należy spodziewać się rozwoju firm, świadczących informatyczne usługi serwisowe dla programów GM. Poziom tych usług zapewne będzie stawał się coraz bardziej profesjonalny i nastawiony na zadowolenie klienta, ponieważ jakość serwisu, staje się jednym z podstawowych elementów konkurencyjności na rynku informatycznym.

Do słabych stron programów GM można zaliczyć brak raportów wielokryterialnych, możliwości symulacji obrotów magazynowych oraz generowania propozycji wartości zmiennych decyzyjnych. Dlatego też podjęto próbę realizacji tych funkcji w komputerowym systemie wspomaganie decyzji w gospodarce magazynowej. W tym celu w rozdziale drugim przeanalizowano zagadnienia dotyczące analizy decyzyjnej oraz systemów wspomaganie decyzji. Uzyskane informacje na temat programów magazynowych oraz systemów wspomaganie decyzji stanowią teoretyczne podstawy zrealizowanego systemu wspomaganie decyzji w gospodarce magazynowej (SWD-GM).

Opis SWD-GM i zawartych w nim metod analizy danych oraz przeprowadzonych doświadczeń podzielono na trzy integralne moduły, dotyczące: analizy wielokryterialnej, identyfikacji funkcji popytu przy pomocy algorytmów genetycznych oraz symulacji obrotów magazynowych. Wnioski dotyczące SWD-GM zostały przedstawione poniżej w kolejności odpowiadającej tym trzem modułom.

1. Zrealizowany SWD-GM pozwala na wyliczenie oraz dowolną agregację dziewięciu wskaźników obrotu magazynowego. Analiza stanów magazynowych została wzbogacona o nie spotkany przez autora w literaturze wskaźnik zalegania magazynowego. Jak pokazano w pierwszej części trzeciego rozdziału, analiza sprzedaży i zakupów towarów z wykorzystaniem wielokryterialności, daje możliwość łączenia kilku cech towarów w jedno zagregowane kryterium, wykorzystując funkcję celu. Odpowiednie łączenie cech towarów, łącznie z dobieraniem wartości wag (w tym również ujemnych) stanowi główny problem w analizie wielokryterialnej. Jak pokazano na przykładach, w niektórych przypadkach lepszą charakterystykę listy asortymentowej można uzyskać przez łączenie podobnych cech (np. wartość wskaźnika obecnego stanu w magazynie oraz średniego zapasu), w innych łączenie cech nie związanych ze sobą (np. wartość wskaźnika rentowności i zalegania magazynowego). Jak pokazano na przykładach wybór metody normalizacji może w znacznym stopniu zmienić wyniki uzyskiwane w analizie wielokryterialnej. W pracy przeanalizowano dwie metody normalizacji nazwane „logarytmiczną” i „standardową”. Trudno jest ocenić, która z nich jest efektywniejsza, w tym sensie, że pozwala analitykowi na takie uszeregowanie towarów, które dostarcza mu więcej informacji i umożliwia znalezienie towarów o znaczeniu strategicznym, mogących ująć jego uwagę. Istotne jest, aby był on świadomy, że stosując różne typy normalizacji może uzyskać różne rezultaty – pozwoli mu to na właściwą interpretację wyników. Przedstawione rozwiązania są propozycją, która może być rozważona przez analityka, jednak należy pamiętać, że każde przedsiębiorstwo kieruje się określonymi celami i to one powinny decydować o wyborze zestawień przydatnych w konkretnym środowisku firmy. Dlatego też SWD-GM umożliwia elastyczny wybór zestawień.

2. Uzyskane wyniki wskazują, że wykorzystanie algorytmów genetycznych może konkurować z analitycznymi metodami identyfikacji parametrów funkcji popytu, a w przypadku dużego stopnia komplikacji tych funkcji jest znacznie efektywniejsze. Identyfikacja parametrów funkcji sprzedaży przy pomocy algorytmu genetycznego daje większe możliwości prognozowania popytu, aniżeli znane metody prognozowania w przypadku sezonowości (np. analiza harmoniczna). W pracy skupiono się na przypadku, gdy funkcja popytu podlega podwójnej okresowości oraz trendowi liniowemu. Istnieje jednak możliwość dowolnego kształtowania postaci funkcji sprzedaży – ilość jej parametrów jest ograniczona jedynie przez czas potrzebny na znalezienie optymalnego rozwiązania oraz jego dokładność. Przeprowadzono eksperymenty symulacyjne stosując dwie metody realizacji mutacji: dwustopniowej i jednostopniowej. Jak wykazały doświadczenia, lepsze efekty daje

mutacja jednostopniowa. Ponieważ wartości parametrów AG (takie jak ilość osobników w populacji, prawdopodobieństwo krzyżowania i inne) wpływają znacznie na efektywność algorytmu, system zawiera propozycje tych wartości. Przeprowadzone na danych rzeczywistych eksperymenty potwierdzają skuteczność zaproponowanej metody. Należy jednak zaznaczyć, że nie dla każdego danych uzyskane wyniki będą satysfakcjonujące. Jak pokazano w pracy, w przypadku bardzo nieregularnej krzywej popytu, możliwe było jedynie określenie jej ogólnego trendu. Jeśli uzyskane wyniki zostaną uznane za niezadowalające, można wskazać dwie główne tego przyczyny: niewłaściwa postać funkcji popytu oraz problemy ze znalezieniem optimum przy wykorzystaniu AG.

3. Zbudowany symulator, będący elementem SWD-GM wydaje się być efektywnym narzędziem analitycznym, umożliwiającym między innymi analizę typu *what-if*. Przeprowadzone eksperymenty symulacyjne pokazują, że zaimplementowany model realizujący analizę *what-if* pozwala na uwidocznienie pewnych zależności, które mogłyby ująć uwagę analityka (np. zależność ceny sprzedaży od wysokości stanu magazynowego w okresie obniżonego popytu). W celu znalezienia optymalnych wartości zmiennych decyzyjnych, takich jak cena oraz wartość współczynnika bezpieczeństwa i zapasu maksymalnego, zaimplementowano model symulatora sprzężonego z algorytmem genetycznym. Podczas weryfikacji modelu na danych rzeczywistych wykazano skuteczność proponowanego podejścia, jednak niektóre eksperymenty wskazały, że przy niskiej wartości współczynnika elastyczności cenowej algorytm genetyczny dążył do wzrostu ceny, aż do osiągnięcia maksymalnej możliwej wartości. Wynik ten jest jednak zgodny z oszacowaniami dokonanymi metodami analitycznymi. Jako kierunek dalszych badań wskazano na rozbudowę modelu symulacyjnego oraz znalezienie takiej postaci funkcji popytu, która byłaby odporna na niskie wartości współczynnika elastyczności cenowej.

Realizacja całego systemu zawiera kilka tysięcy linii kodu, podzielonego na tematyczne moduły. Niewątpliwą zaletą stworzonego oprogramowania jest możliwość pracy na rzeczywistych bazach danych zawierających setki tysięcy rekordów. Taką efektywność uzyskano dzięki odpowiedniej budowie zapytań w języku SQL oraz wykorzystaniu obiektów DAO. Do zalet można również zaliczyć parametryzację systemu, pozwalającą na realizację różnorodnych eksperymentów poprzez zmianę stałych algorytmu genetycznego i symulatora. Modułowość i parametryzacja oprogramowania znacznie zwiększyła jego elastyczność.

Zaimplementowany SWD-GM może być praktycznie dowolnie rozwijany i modyfikowany, w zależności od potrzeb analityków. Pozwala na to struktura

oprogramowania oraz środowisko Excela, które gwarantuje skalowalność systemu. Możliwość współpracy z różnymi programami GM po wprowadzeniu jedynie zmian dotyczących struktur baz danych, takich jak nazwy pól i połączenia relacyjne między tabelami, stanowi kolejny atut zrealizowanego systemu.

Uzyskane wyniki wykazują zasadność przedstawionych metod analizy danych zawartych w programach GM oraz efektywność proponowanego systemu wspomaganie decyzji. Zebrane doświadczenia poparte wywiadami z praktykami, którzy oglądali SWD-GM świadczą, że stanowi on przydatne narzędzie pracy menedżera, a zawarte w nim metody analizy danych mogą być wykorzystywane przez projektantów ekonomicznych systemów informatycznych.

1. „Oprogramowanie dla małej i średniej firmy”, 1998, Computerworld Raport, 10/89.
2. „Słownik wyrazów obcych”, 1971, Warszawa: PWN.
3. Abt S., 1998, „Zarządzanie logistyczne w przedsiębiorstwie”, Warszawa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
4. Abt S., 1998b, „Zastosowanie symulacji w komputerowych pakietach logistycznych”, Warszawa: Prace Szkoły Antałówka 1998, Wyd. Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania im. L.Koźmińskiego, Politechnika Wrocławska Instytut Organizacji i Zarządzania.
5. Ackoff L., 1969, „Decyzje optymalne w badaniach stosowanych”, Warszawa, s. 146.
6. Ahmad Sajjad, „Decision Support Systems: Structure and Applications”, Faculty for Intelligent Decision Support, University of Manitoba, <http://www.ce.umanitoba.ca/~sajjad/dss1/> – pobrano grudzień 2000.
7. Alexis M., Wilson C.Z., 1967, „Organizational Decision Making”, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
8. Alter S.L., 1976, „How Effective Managers Use Information Systems”, Harvard Business Review No. 76601, Listopad-Grudzień.
9. Ameljańczyk A., 1984, „Optymalizacja wielokryterialna w problemach sterowania i zarządzania”, Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk, Łódź: Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk.
10. Beier F., K. Rutkowski, 1995, „Logistyka”, Warszawa: Szkoła Główna Handlowa.
11. Bieńkowska A., Chodak G., Zabłocka-Kluczka A., 1999, „Komputerowy system wspomaganie oceny i analizy stopnia realizacji celów ekonomicznych przedsiębiorstwa”, w Informatyka w Zarządzaniu, Marketingu i Inżynierii Produkcji, Zakopane: Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej.
12. Box G.E.P., Jenkins G.M., 1983, „Analiza szeregów czasowych”, Warszawa: PWN.
13. Chatfield Ch., Yar M., 1988, „Holt-Winters Forecasting: Some Practical Issues”, The Statistician, nr 37, s.129-140.
14. Chodak G., 1999a, „Inventory control software for small and middle size firms – a comparative study”, Information Systems Architecture and Technology '99, Wrocław University of Technology, str. 217-224.
15. Chodak G., 1999b, „Metodologia porównania programów gospodarki magazynowej”, Informatyka 11/99, str. 10-16.
16. Chodak G., 1999c, „Programy gospodarki magazynowej – ogólna charakterystyka i perspektywy rozwoju”, Informatyka 9/99, str. 27-31.
17. Chodak G., 1999d, „Ważniejsze aspekty wdrażania programów gospodarki magazynowej”, Informatyka 12/99, str. 14-17.

18. Chodak G., 2001, „*Analiza wielokryterialna z wykorzystaniem wskaźników gospodarki magazynowej*”, *Gospodarka Materiałowa i Logistyka* 8/2001, str. 7-12.
19. Chodak G., Kwaśnicki W., 2000, „*Genetic Algorithms in seasonal demand forecasting*”, *Information Systems Architecture and Technology'2000*, Wrocław University of Technology, str. 91-98.
20. Christopher M., 1998, „*Logistyka i zarządzanie łańcuchem podaży*”, Kraków: Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu.
21. De Jong K., 1998, „*Evolutionary Computation: Where We Are and Where We're Headed*”, *Fundamenta Informaticae*, Vol. 35, No. 1-4, str. 247-259.
22. Dittmann P., 1998, „*Metody prognozowania sprzedaży w przedsiębiorstwie*”, Wrocław: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu.
23. Donovan, J.J., Madnick S.E., 1977, „*Institutional and Ad Hoc DSS and Their Effective Use*”, *Data Base*, 8, no. 3.
24. Druzdzel M.J., Flynn R.R., 2000, „*Decision Support Systems*”, *Encyclopedia of Library and Information Science*, Allen Kent (ed.), New York: Marcel Dekker, Inc.
25. Galanc T., 1993, „*Metody wspomaganie procesu zarządzania. Część II – Decyzyjne modele liniowe i prognozowanie ekonometryczne*”, Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej.
26. Galata S., „*Informacyjne uwarunkowania strategii zarządzania firmą*”, *Akademia Ekonomiczna w Krakowie – Zeszyty Naukowe* Nr 444, str. 21.
27. Gatnar E., 1998, „*Symboliczne metody klasyfikacji danych*”, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
28. Gerson M., Chien L.S., Raval V., 1992, „*Computer Assisted Decision Support Systems: Their use in Strategic Decision Making*”, *Association for Computing Machinery*.
29. Glover F., Kelly P.J., Laguna M., 1996, „*New Advances and Applications of Combining Simulation and Optimization*”, *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference*.
30. Goldberg D. E., 1998, „*Algorytmy genetyczne i ich zastosowania*”, Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
31. Gołemska E., Szymczak M., 1997, „*Informatyzacja w logistyce przedsiębiorstw*”, Warszawa Poznań: Wydawnictwo Naukowe PWN.
32. Góralczyk A., 1989, „*Twórcze rozwiązywanie zadań*”, Warszawa: PWN.
33. Hackathorn, R. D., Keen P.G.W., 1981, „*Organizational Strategies for Personal Computing in Decision Support Systems*”, *MIS Quarterly*, September 1981, pp.XX.

34. Holland J.H., 1992, „*Algorytmy genetyczne*”, Świat Nauki, 9/1992.
35. Holland J.H., 1975, „*Adaptation in Natural and Artificial Systems*”, The University of Michigan.
36. Holsapple, C., Johnson L. E., Manakyan H., Tanner J., 1995, "An Empirical Assessment and Categorization of Journals Relevant to DSS Research" Decision Support Systems, 14, No. 4, str. 359-368.
37. Holsapple, C.W., Whinston A. B., 1996, „*Decision Support Systems: A Knowledge-based Approach*”, Minneapolis, MN: West Publishing Co.
38. <http://dssresources.com/papers/amcis/TT08overview.pdf> (pobrano 20.01.2001).
39. http://www.e-logistyka.pl/maga_ram_analiza.htm (pobrano listopad 2000).
40. <http://www.groupsystems.com> (pobrano 17.01.2001).
41. http://www.strategy.com/success/msi_saf1.htm (pobrano 16.01.2001).
42. http://www.strategy.com/success/msi_saf1.htm (pobrano 16.01.2001).
43. Kajrunajtys D., nr 474, „*Behawioralne modele sytuacji decyzyjnych – możliwości i warunki wykorzystania w komputerowych systemach wspomagania decyzji*”: Akademia Ekonomiczna w Krakowie – Zeszyty Naukowe.
44. Korol J., 1996, „*Visual Basic dla aplikacji w Excelu*”, Warszawa: Wydawnictwo Mikom.
45. Korzeniowski A., Weselik A., Skowroński Z.M., Kaczmarek M., 1997, „*Zarządzanie Gospodarką Magazynową*”, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
46. Kwaśnicka H., 1999, „*Obliczenia ewolucyjne w sztucznej inteligencji*”, Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
47. Kwaśnicki W., 1998, „*Dynamika systemów jako metoda nauczania w ekonomii*”, wyd. w pracy „Modelowanie symulacyjne w dydaktyce ekonomii” pod redakcją Edwarda Radośnińskiego, Polskie Towarzystwo Symulacyjne.
48. Kwaśnicki W., 2000, „*Określenie zasadności modelu w naukach społecznych*”, Prace Szkoły Antałówka 2000, Warszawa: Wyd. Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania im. L.Koźmińskiego, Politechnika Wroclawska Instytut Organizacji i Zarządzania.
49. Lawler J.J., Elliot R., 1993 “*Artificial Intelligence in HRM: an Experimental Study of an Expert System*”, Association for Computing Machinery 4/93.
50. Le Blanc, Jelassi A., Tawfik M., 1989, „*DSS Software Selection: A Multiple Criteria Decision Methodology*”, „Information & Management”, vol. 17, no. 1, Sierpień.
51. Lenart M., „*Koszty logistyki w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym*” <http://www.czasopismologistyka.pl/archiw/mt0600/koszty.html> (pobrano 27.02.2001).

52. Lucey T., 1991, „*Management Information Systems*”, Yale, str.184.
53. Łubniewski R., 1990, „*Modelowanie systemów sterowania zapasami materiałowymi i produkcji niezakończonych w przedsiębiorstwie przemysłowym*”, Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej.
54. Mallach E., 1994, „*Understanding Decision Support Systems and Expert Systems*”, Burr Ridge, IL: Irwin.
55. Martyniak Z., 1997, „*Wstęp do inwentyki*”, Kraków.
56. Moore J.H., Chang M.G. 1980, „*Design of Decision Support Systems*”, Data Base, vol. 12, nr 1/2.
57. Mrówczyński S., 2001, „*Nieobliczalna Świadomość*” Instytut Fizyki WSP Kielce, pobrano z <http://fizar.pu.kielce.pl/fizmrow/penrose.html> 15.10.2001.
58. Muraszewicz M., Rybiński H., 1993, „*Bazy danych*”, Warszawa.
59. Norton D., 2000, „*Think 80/20 is a new idea? Here's how to wise up*”, CRMNewsLetter Feature Story, Oct 13/2000.
60. Nosal Cz. S., 1993, „*Umysł managera*”, Wrocław: Wydawnictwo „Przecinek”.
61. Nowak E., 1998, „*Prognozowanie gospodarcze*”, Warszawa: Agencja Wydawnicza Placet.
62. Opis techniczny programu PSI.
63. Opis techniczny programu Subiekt 4.0.
64. Orvis J., 1995, „*Visual Basic dla aplikacji w przykładach*”, Warszawa: Oficyna Wydawnicza READ ME.
65. Pankowski T., 1992, „*Podstawy baz danych*”, Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.
66. Penc J., 1995 „*Decyzje w zarządzaniu*”, Kraków: Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu.
67. Penrose R., 1996, „*Nowy umysł cesarza*”, Warszawa: PWN.
68. Power, D. J., 2000, „*Decision Support Systems: Concepts and Resources*”, Cedar Falls, IA: DSSResources.COM, pre-publication PDF version, pobrano 10.01.2001 na stronie <http://dssresources.com/dssbook/>.
69. Radośniński E., 1998, „*Inteligentne techniki hybrydowe w analizie ekonomicznej firmy*”, Prace Szkoły Antałówka 1998, Warszawa: Wyd. Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania im. L.Koźmińskiego, Politechnika Wrocławska Instytut Organizacji i Zarządzania.

70. Radościński E., 1998b, „*Metody symulacyjne we wspomaganiu procedur kredytowych*”, w Zastosowania rozwiązań informatycznych w bankowości, Wrocław: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu,
71. Radościński E., 2001, „*Systemy informatyczne w dynamicznej analizie decyzyjnej*”, Warszawa-Wrocław: Wydawnictwo Naukowe PWN.
72. Ribeiro R.A., Powell P.L., Baldwin J.F., 1995, „*Uncertainty in decision-making: An abductive perspective*”: Decision Support Systems 13 str. 183-193.
73. Rockart J.F., 1979, „*Chief Executives Define Their Own Data Needs*”, Harvard Business Review No. 79209, Marzec-Kwiecień.
74. Rockart J.F., Treacy M.E., 1982, „*The CEO Goes On-line*”, Harvard Business Review No. 82109, Styczeń-Luty 1982.
75. Roy B., 1990, „*Wielokryterialne wspomaganie decyzji*”, Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
76. Rutkowska D., Piliński M., Rutkowski L., 1997, „*Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte*”, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
77. Samson, Danny, 1988, „*Managerial Decision Analysis*”, Richard D.Irwin, Homewood, Ill.,
78. Sariusz-Wolski Z., 1997, „*Ilościowe metody zarządzania logistycznego w przedsiębiorstwie*”, Warszawa: Toruńska Szkoła Zarządzania.
79. Sariusz-Wolski Z., 1998, „*Strategia zarządzania zaopatrzeniem*”, Agencja Wydawnicza „Placet”.
80. Simon H.A., 1977 „*The New Science of Management Decision*”, New York, str. 48.
81. Simon, H.A., 1965, "*The New Science of Management Decision*", The Shape of Automation for Men and Management. New York: Harper Torch Books.
82. Skowronek Cz., Sariusz-Wolski Z., 1995, „*Logistyka w przedsiębiorstwie*”, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.
83. Sosińska-Wit M., Wit B., 2000, „*Modele ekonomiczne z udziałem VBA*”, Prace Szkoły Antałówka 2000, Warszawa: Wyd. Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania im. L.Koźmińskiego, Politechnika Wroclawska Instytut Organizacji i Zarządzania.
84. Srinivasan A., Sundaram D., Davis J., 2000, „*Implementing Decision Support Systems: Methods, Techniques and Tools*”, Londyn: McGraw-Hill Publishing Company.
85. Targalski J., 1986, „*Podejmowanie decyzji*”, Warszawa: PWN, str. 206-207.
86. Ta-Tao Chuang, Surya B.Yadav, „*A Conceptual Model of an Adaptive Decision Support System (ADSS)*” Texas Tech University, Lubbock, TX 79409.

87. Tonndorf H.G., 1998, „*Logistyka w handlu i przemyśle*”, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu.
88. Turban E., Aronson E.J., 1998, „*Decision Support Systems and Intelligent Systems*”, NJ: Prentice-Hall.
89. Ullman J. D., 1988, „*Systemy baz danych*”, Warszawa: WNT.
90. Van Veldhuizen David A., 1999, „*Multiobjective Evolutionary Algorithms – Classifications, Analyses, and New Innovations*”: Dissertation, Air Force Institute of Technology.
91. Weselik A., 1997, „*Zarządzanie gospodarką magazynową*”, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
92. Zabawa J., Radosiński E., 2000, „*Koncepcja Hybrydy inteligentnego systemu wspomagania decyzji z symulatorem przedsiębiorstwa przemysłowego*”, Prace Szkoły Antałówka 2000, Warszawa: Wyd. Wyższa Szkoła Przedsiębiorczości i Zarządzania im. L.Koźmińskiego, Politechnika Wroclawska Instytut Organizacji i Zarządzania.
93. Zieliński R., 1972, „*Generatory liczb losowych*”, Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.

Programy magazynowe dostępne na rynku polskim

Lp	Nazwa programu	Nazwa producenta
1.	01SYSTEM	ForumSoft S.C.
2.	AIM	Business Computers Intergrator
3.	AKTYN	River System Sp. z o.o.
4.	Asystent Finansowy	MeMax S.C. Systemy Komputerowe
5.	BC+	Genius, Systemy Informatyczne, Sp. z o.o.
6.	BILANS, System Księgowości Informatycznej (SKI-BILANS)	Merinosoft Sp. z o.o.
7.	BONMASTER 2000	Bonair S.A.
8.	Buchalter II	Graf-Soft
9.	CDN Klasyka / CDN Klasyka Plus	CDN – Compact Disc Novelty Sp. z o.o., PROGEL
10.	CDN XL	CDN – Compact Disc Novelty Sp. z o.o.
11.	CDP – Car Dealer Package, SYMAP System Ewidencji i Zarządzania	ISA Sp. z o.o.
12.	DB-Kompakt	DB Soft Aktiengesellschaft Software
13.	HERMES	Human Soft S.C.
14.	HPS TYTAN	HPS S.C.
15.	Hurt, Hurt Compact	Digitland Przedsiębiorstwo Usługowo-Handlowe
16.	IKKI_Frima'97, IKKI_Handel	IKKI Sp. z o.o. Przedsiębiorstwo Innowacyjno-Wdrożeniowe
17.	INFRA, Zintegrowany System Zarządzania Przedsiębiorstwem	Infra, Zakład Usług Informatycznych, Komtech
18.	JBA Systems 21	JBA Sp. z o.o.
19.	KOMA-UX, Zintegrowany System Zarządzania Przedsiębiorstwem	KOMA S.A.
20.	Kompleks	Rayo, Sp. z o.o., Przedsiębiorstwo Innowacyjno-Wdrożeniowe
21.	Księgi Handlowe+moduły pomocnicze	POLSYSTEM 2
22.	KSOP-OLIMP	Olimp Plus, Sp. z o.o.
23.	Macola Progression	Macola Polska
24.	MADAR, System Zarządzania	Madar Sp. z o.o.
25.	MAGNAT, System Obsługi Supermarketu	ParaSoft S.A.
26.	MAGNUS 7.0 sprzedaż i gospodarka magazynowa	ATI S.C.
27.	MANAGER, zintegrowany pakiet programów do zarządzania przedsiębiorstwem	Rekord, Zakład Usług Informatycznych
28.	MarBit	PPHU MarBit
29.	McSALE, SKID	Macrosoft
30.	MIKSOT	ZETO S.A., Centrum Informatyki
31.	MILAS (Miller's Integrated Administration Software)	Business Computers Intergrator
32.	MOS, System Zarządzania Przedsiębiorstwem	SOLID Consult Sp. z o.o.
33.	MultiFirma	dGame Computer Studio S.A.
34.	NAVO Firma 2	Navo Sp. z o.o.
35.	ObSp – Obsługa Sprzedaży	Varico
36.	OMNIS	Omnis S.C.
37.	Oprogramowanie dla Służby Zdrowia	Kamsoft, Przedsiębiorstwo Informatyczne
38.	ORCOM, System Zarządzania Przedsiębiorstwem	Orcom, Zakład Projektowania Systemów Komputerowych
39.	Pacioli dla Windows	Aba Co Holding Ltd.
40.	Pakiet Wspomagający Zarządzanie Przedsiębiorstwem	MikroBIT, Sp. z o.o.
41.	Pani BASIA	TANT, Zakład Informatyczno-Wdrożeniowy
42.	PC BIZNES	STREAM Soft S.C.
43.	PC VATMAN	BITAM, Zakład Techniki Komputerowej
44.	PLATINUM for Windows / PLATINUM SQL	Qumak International Sp. z o.o. jv

45.	POLKA dla Windows	MKJ, Sp. z o.o.
46.	PSI	PSI Bolesław Rudnik
47.	PROBIT, Zintegrowany Pakiet Systemów Wspomagających Zarządzanie	Probit, Zakład Usług Komputerowych i Biurowych
48.	PRODMAX	Kramist Ltd.
49.	Pro-MAGG (System Ewidencji Magazynowej)	ProTest S.A.
50.	PROMIS S/N	Galiczyjskie Towarzystwo Informatyczne Sp. z o.o.
51.	Prosper	Ryszard Lewandowski
52.	QREZUS	Q-Bit Sp. z o.o., Przedsiębiorstwo Wdrożeniowo-Produkcyjne
53.	RAKS	MSM Sp. z o.o.
54.	RAMZES, Zintegrowany Pakiet Wspomagający Zarządzanie Przedsiębiorstwem	Koncept, Biuro Informatyczno-Wdrożeniowe, Sp. z o.o.
55.	RECORD	Record Systems
56.	SAARI 30	Chandney Software
57.	SAT-HAN	Satori Sp. z o.o., Przedsiębiorstwo Techniki, Handlu i Dystrybucji
58.	Scala 5	Scala Polska Sp. z o.o.
59.	Scan 7 – system magazynowy	Infostar s.c., Zakład Informatyki
60.	SIKIN (System Informowania Kierownictwa)	Inform'1 S.C.
61.	SIMPLE-BUSINESS	SIMPLE S.A., TCH Systems
62.	SKRUCZ	icMAX Sp. z o.o.
63.	Small Business 4.2	Studio Komputerowe SYMPLEX
64.	SM-PROFIT, SM-BOSS, Zintegrowany System do Zarządzania Małą i Średnią Firmą	Great Plains Software Polska S.A.
65.	SOFTAR-FIRMA	Softar Sp. z o.o.
66.	SOS (System Obsługi Sklepu)	Merinosoft Sp. z o.o.
67.	Subiekt 4.0 Subiekt 4.0 Plus	InsERT
68.	Sun Systems	Hogart Sp. z o.o.
69.	Supermanager	MCM S.C.
70.	SYMAP	ISA Sp. z o.o.
71.	SYMFONIA System Zarządzania	Altkom Matrix Sp. z o.o.
72.	System GM	InfoBIT S.C. Systemy Komputerowe
73.	TM System Zarządzania	Top Micro S.C.
74.	TRAWERS Zintegrowany Pakiet Oprogramowania	TRES, Centrum Oprogramowania
75.	TURBO Firma	Reset Computer Systems S.C.
76.	UNIFIRMA	Unifactor S.A.
77.	VULCAN PLAN, System Kompleksowego Zarządzania Szkołami	Vulcan
78.	WF-MAG, System Obsługi Magazynów i Sprzedaży	WA-PRO, Systemy Informatyczne S.C.
79.	XOR Compact	XOR Polska Sp. z o.o.
80.	XYZ Zintegrowany Informatyczny System Wspomagający Zarządzanie XYZ	Zeto Opole Sp. z o.o.
81.	YUMA	Yuma, Przedsiębiorstwo Informatyczne
82.	Zarządzanie BPSC v.3/v.4	Biuro Projektowania Systemów Cyfrowych Sp. z o.o.
83.	Zestaw Oprogramowania dla Firmy Handlowej	Magres, Spółka Informatyczna
84.	Zintegrowany Pakiet do Zarządzania Przedsiębiorstwem	Unisoft
85.	Zintegrowany Pakiet Systemów SOFTLAND	Zagórski Softland, Przedsiębiorstwo Usług Komputerowych
86.	Zintegrowany Pakiet Zarządzania	ZETO S.A. Spółka typu joint venture
87.	Zintegrowany System Informatyczny	Petroinform – Optimus Sp. z o.o.
88.	Zintegrowany System Zarządzania dla ZPChr	Clan Zakład Elektroniki
89.	ZYSK Plus	SoftHard, Zastosowania Informatyki K. Sułkowski

Adresy internetowe dotyczące systemów wspomagania decyzji

Wybrane strony internetowe o tematyce DSS:

- [Decision Support System Resources](http://www.dssresources.com), www.dssresources.com
- [CIO Magazine](http://www.cio.com), www.cio.com
- [Communications of the Association for Information Systems](http://cais.isworld.org), cais.isworld.org
- [Data Mining and Knowledge Discovery](http://www.research.microsoft.com/research/datamine),
www.research.microsoft.com/research/datamine
- [DM Review](http://www.dmreview.com), www.dmreview.com
- [DSStar](http://www.tgc.com/dsstar), www.tgc.com/dsstar
- [Information Week](http://www.informationweek.com), www.informationweek.com
- [InfoWorld](http://www.infoworld.com), www.infoworld.com
- [Intranet Design Magazine](http://idm.internet.com), idm.internet.com
- [Journal of the Association for Information Systems](http://jais.isworld.org), jais.isworld.org

Czasopisma o tematyce DSS:

1. [Decision Support Systems](http://www.elsevier.com/inca/homepage/sae/orms/dss/menu.sht),
http://www.elsevier.com/inca/homepage/sae/orms/dss/menu.sht
2. [Management Science](http://www.informs.org/Pubs/), http://www.informs.org/Pubs/
3. [Communications of the ACM](http://www.acm.org/cacm/), http://www.acm.org/cacm/
4. [MIS Quarterly](http://www.misq.org/), http://www.misq.org/
5. [Artificial Intelligence](http://www.elsevier.nl/), http://www.elsevier.nl/
6. [Operations Research](http://www.informs.org/Pubs/), http://www.informs.org/Pubs/
7. [Decision Sciences](http://dsi.gsu.edu/dsj/index.htm), http://dsi.gsu.edu/dsj/index.htm
8. [IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics](http://bib.informatik.uni-dortmund.de/journals/latest/IEEETSMC.html), http://bib.informatik.uni-dortmund.de/journals/latest/IEEETSMC.html
9. [Journal of Management Information Systems](http://equity.stern.nyu.edu/jmis/), http://equity.stern.nyu.edu/jmis/
10. [European Journal of Operational Research](http://www.elsevier.nl/), http://www.elsevier.nl/
11. [IEEE Transactions on Software Engineering](http://www.computer.org/pubs/tse/tse.htm),
http://www.computer.org/pubs/tse/tse.htm
12. [IEEE Computer](http://www.computer.org/pubs/computer/computer.htm), http://www.computer.org/pubs/computer/computer.htm
13. [Interfaces](http://silmaril.smeal.psu.edu/pol/interfaces/interfaces.htm), http://silmaril.smeal.psu.edu/pol/interfaces/interfaces.htm

14. [International Journal of Human-Computer Studies](http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/IJHCS/IJHCS.html),
<http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/IJHCS/IJHCS.html>
15. [DATA BASE](http://cis.gsu.edu/~dbase), <http://cis.gsu.edu/~dbase>
16. [Harvard Business Review](http://www.hbsp.harvard.edu/products/hbr/), <http://www.hbsp.harvard.edu/products/hbr/>
17. [Journal of the ACM](http://www.acm.org/jacm/), <http://www.acm.org/jacm/>
18. [ACM Transactions on Database Systems](http://www.acm.org/tods/), <http://www.acm.org/tods/>
19. [ACM Transactions on Information Systems](http://superbook.bellcore.com/TOIS/acmTOIS.html),
<http://superbook.bellcore.com/TOIS/acmTOIS.html>

Lista czasopism została sporządzona na podstawie (Holsapple i inni, 1995) i jest oparta na analizie ponad 7500 cytatów w opublikowanych na temat DSS artykułach.

Usenet Newsgroups

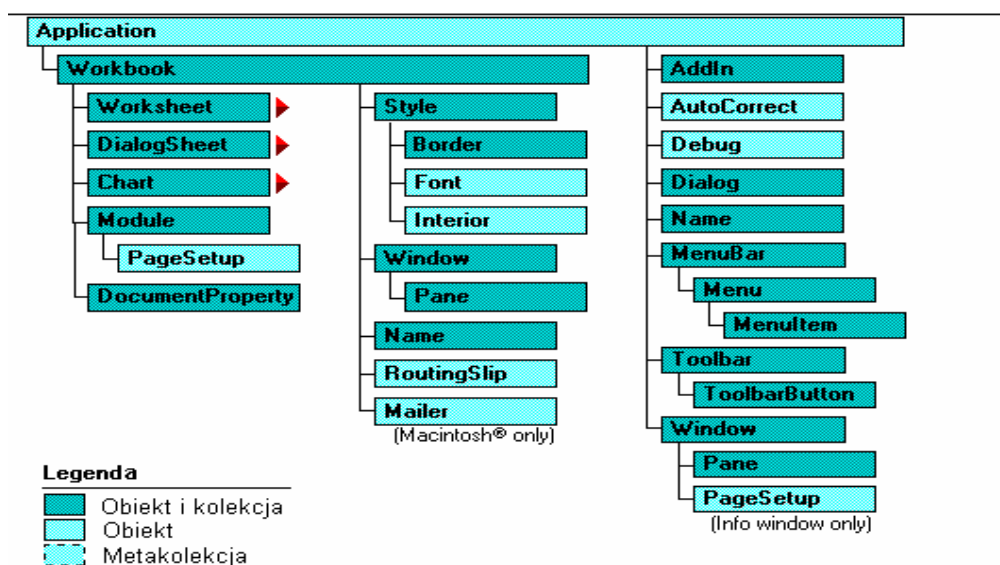
- [alt.hypertext](#)
- [comp.ai](#)
- [comp.apps.spreadsheets](#), Spreadsheets
- [comp.client-server](#), Client/Server News Group
- [comp.databases.olap](#), OLAP News Group
- [comp.groupware](#)
- [comp.groupware.lotus-notes.misc](#)
- [comp.infosystems](#)
- [comp.infosystems.gis](#)
- [comp.infosystems.wais](#)
- www.dejanews.com/ Search, Read, Post to Usenet

Techniczna realizacja SWD-GM

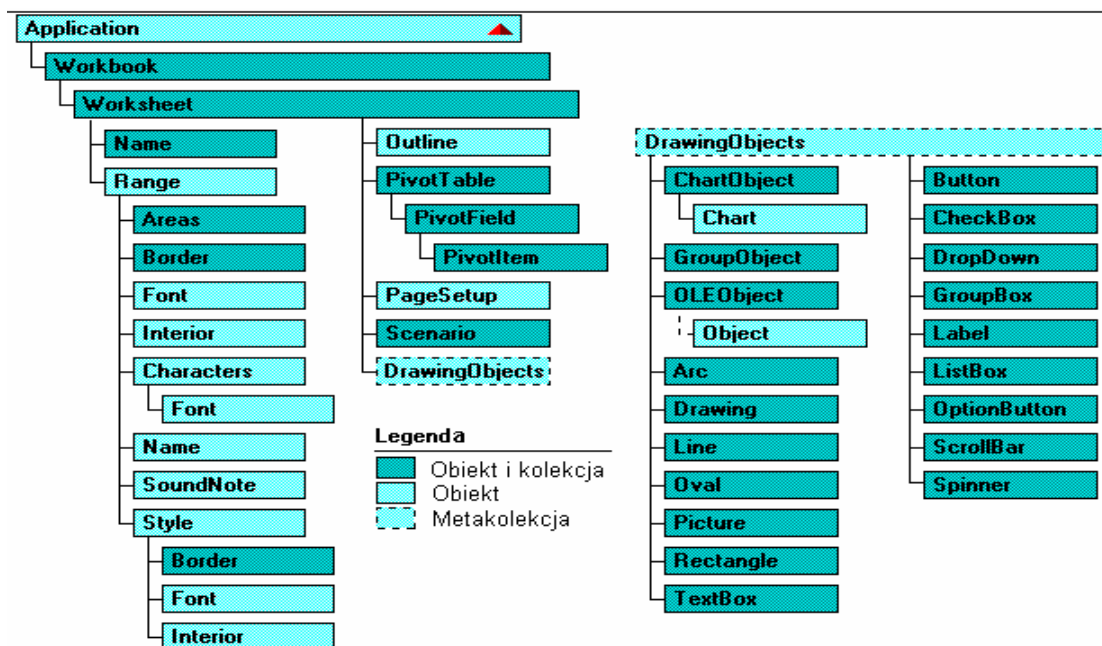
Załącznik C jest uzupełnieniem rozdziału 4 i zawiera techniczne aspekty zrealizowanego SWD-GM wraz z fragmentami kodu programu. W pierwszej części załącznika umieszczono informacje na temat struktury obiektów w języku VBA. Następnie zawarto techniczną charakterystykę komunikacji z bazą danych jaka jest realizowana w SWD-GM wraz z kodem przykładowych zapytań napisanych w języku SQL. Trzecia i czwarta część załącznika zawiera odpowiednio opis implementacji AG oraz techniczne aspekty realizacji symulatora. Ostatnia część załącznika przedstawia przykład automatycznego formatowania wykresów jakie zaimplementowano w systemie.

Struktura obiektów w języku VBA

W programowaniu obiektowym dane i kod przetwarzający te dane są połączone w jedną strukturę zwaną obiektem. Excel zawiera ogółem 128 klas obiektów. Przykładami obiektów są: skoroszyt, arkusz, zakres komórek w arkuszu, wykres. Istnieją obiekty, które zawierają w sobie inne obiekty. Sam Excel stanowi obiekt klasy aplikacja. Obiekt aplikacji zawiera w sobie inne obiekty, takie jak skoroszyty lub paski narzędzi. Skoroszyt zaś zawiera takie obiekty, jak arkusze czy wykresy (Korol, 1996). Rysunek Z.1 i Z.2 przedstawiają w jaki sposób zagregowane są obiekty Excela.



Rysunek Z.1 Hierarchia obiektów w Excelu 7.0



Rysunek Z.2 Hierarchia obiektów arkusza (Worksheet)

Zawartość obiektu stanowią własności i metody. Własności są jawnymi danymi, należącymi do obiektu, a metody - zadaniami, których sposób wykonania znany jest obiektowi. Kolekcja jest zbiorem zawierającym wszystkie obiekty należące do danej klasy. Na przykład kolekcja *Workbooks* zawiera wszystkie otwarte skoroszyty.

Komunikacja z bazą danych w SWD-GM

VBA oferuje największe możliwości komunikacji z bazami danych Accessa (mdb). Jest to wynikiem wspierania przez Microsoft, swojego standardu baz danych. Odczytywanie, zapisywanie i wyszukiwanie w bazie danych Accessa odbywa się z wykorzystaniem mechanizmów *DAO*. Jednak format baz danych Accessa nie jest odpowiedni dla programów GM, ze względu na składowanie wszystkich tabel w jednym pliku (bezpieczeństwo danych znacznie maleje).

DAO umożliwia również korzystanie z dowolnej bazy danych *ODBC*, jeśli spełnione są dwa warunki. W systemie zarejestrowany jest sterownik (*driver*) *ODBC* (biblioteka *DLL* używana do połączenia danych źródłowych z aplikacją klienta) oraz stworzony jest *DSN* (*Data Source Name*). Do zainstalowania sterownika *ODBC* oraz tworzenia *DSN* można użyć w systemie *Windows* Panelu Sterowania (*Control Panel*).

Przykładem bazy danych *ODBC* są bazy w formacie *DBF*. Jest to najczęściej spotykany format baz danych programów GM. Ten właśnie format baz danych jest używany przez

programy *PSI* i *Buchalter*, na których pracują analizowane w pracy przedsiębiorstwa, dlatego też metody dostępu do plików *DBF* zostały szerzej omówione.

Korzystanie z baz danych w formacie *DBF* może się odbywać na trzy sposoby:

- podłączenie bazy danych do bazy *Access* (*mdb*);
- dostęp bezpośredni do bazy przy użyciu *DAO*;
- dostęp do baz danych przy użyciu funkcji *SQL* (bez użycia *DAO*).

Pierwsza z metod wymaga stworzenia bazy danych *mbd* i wydaje się być mało efektywna. Druga metoda dostępu do plików *DBF*, wymaga od programisty znajomości obiektów *Recordset*. Taka technika dostępu do danych została wykorzystana w proponowanym w pracy systemie wspomagania decyzji. Poniżej przedstawiony przykład liczy wskaźnik rentowności dla wszystkich towarów znajdujących się w tabeli *towar*.

```
Sub rentownosc_sprzedazy()
Dim db As Database, rs As Recordset
Dim rentownosc_sprzedazy As Recordset
Dim Zapytanie As String

Set db = OpenDatabase(sciezka$, False, False, format_bazy$)

Zapytanie = "SELECT towar.TOWAR, towar.kod, towar.nazwisko, Sum(pozycja.WART_ZL) as suma_sprze, " + _
" Sum(ZAKUP) as suma_zakup" + _
" FROM towar inner join pozycja on " + _
" (towar.towar=pozycja.towar) WHERE (towar.kod=pozycja.kod) or (isnull(pozycja.kod) and isnull(towar.kod))" + _
" GROUP BY TOWAR.towar, towar.kod, towar.nazwisko ORDER BY TOWAR.towar"

Set rs = db.OpenRecordset(Zapytanie, dbOpenSnapshot)
Set rentownosc_sprzedazy = rs.OpenRecordset(dbOpenDynaset)

rentownosc_sprzedazy.MoveFirst

While rentownosc_sprzedazy.EOF = False
Sprzedaz = rentownosc_sprzedazy.Fields("suma_sprze").Value
Zakup = rentownosc_sprzedazy.Fields("suma_zakup").Value
rent = Sprzedaz / Zakup
Worksheets("Rentownosc_sprze").Cells(i, 3).Value = rent
i = i + 1
Wend

rentownosc_sprzedazy.Close
rs.Close
db.Close
End Sub
```

Trzeci sposób opiera się na funkcjach *SQL* (nie należy ich mylić ze standardem zapytań języka *SQL*). Dostęp do funkcji *SQL* wymaga zainstalowania dodatkowej biblioteki *XLODBC.XLA* (*Narzędzia ->Odwołania*). Korzystanie z tej metody dostępu do zewnętrznych baz danych nie jest zalecane w systemie Windows, ponieważ jest to ona przestarzała i wolna. Poszczególne funkcje *SQL* są bowiem napisane w języku makr poprzedniej wersji Excela. Zaleca się stosowanie metod opisanych powyżej.

Poniżej przedstawiono przykładowe zapytania w języku SQL wyliczające wartości wskaźników obrotu magazynowego. Ciekawe ze względu na swoją strukturę, są zapytania, których wynikiem jest wartość wskaźnika wystarczalności zapasu, liczona jako iloraz obecnego stanu zapasu i średniej dziennej sprzedaży. Pierwsze z zapytań, liczy liczbę dni jaka upłynęła od pierwszej sprzedaży wykorzystując funkcję *DateDiff*. Sumaryczna sprzedaż wyliczona w drugim zapytaniu przy pomocy funkcji *Sum*, podzielona przez liczbę dni, daje w wyniku średnią dzienną sprzedaż. Konieczne jest również połączenie kilku tabel – data sprzedaży znajduje się w innej tabeli niż nazwa towaru. Do połączenia tabel wykorzystano instrukcję *INNER JOIN* języka *SQL*. Drugie zapytanie, oprócz wyliczenia wartości sumarycznej sprzedaży towaru, pobiera z bazy obecny stan towaru w magazynie.

```
Zapytanie = "SELECT POZ_DOS.TOWAR, POZ_DOS.KOD, Min(DOSTAWA.DATA_DOS) AS minDATA, TOWAR.STAN_MAG," +
" towar.nazwisko," +
" DateDiff(" & d & ",DateValue(Mid([minDATA],1," & dl_rok & ")+" & zm & "" +
" +Mid([minDATA]," & pocz_m & ",2)+ "" & zm & "" +Mid([minDATA]," & pocz_d & ",2)),Date()) AS roznica_dni" +
" FROM POZYCJA INNER JOIN (DOSTAWA INNER JOIN (" +
" POZ_DOS INNER JOIN TOWAR ON POZ_DOS.TOWAR = TOWAR.TOWAR)" +
" ON (DOSTAWA.NR_DOS = POZ_DOS.NR_DOS) AND " +
" (DOSTAWA.ROK_DOS = POZ_DOS.ROK_DOS))" +
" ON POZYCJA.TOWAR = POZ_DOS.TOWAR" +
" WHERE ((POZ_DOS.KOD=TOWAR.KOD) OR (IsNull(POZ_DOS.KOD) AND IsNull(TOWAR.KOD) )) AND" +
" ((POZ_DOS.KOD=POZYCJA.KOD) OR (IsNull(POZ_DOS.KOD) AND IsNull(POZYCJA.KOD) ))" +
" GROUP BY poz_dos.TOWAR, poz_dos.KOD, TOWAR.STAN_MAG, towar.nazwisko ORDER BY poz_dos.TOWAR, poz_dos.KOD"
```

```
Zapytanie2 = "SELECT Sum(pozycja.ILOSC) as ilosc_sprzedazy" +
" FROM POZYCJA INNER JOIN TOWAR ON POZYCJA.TOWAR = TOWAR.TOWAR" +
" WHERE ((POZYCJA.KOD=TOWAR.KOD) OR (IsNull(POZYCJA.KOD) AND IsNull(TOWAR.KOD) )) AND" +
" ((POZYCJA.KOD=POZYCJA.KOD) OR (IsNull(POZYCJA.KOD) AND IsNull(POZYCJA.KOD) ))" +
" GROUP BY POZYCJA.TOWAR, POZYCJA.KOD, TOWAR.STAN_MAG ORDER BY POZYCJA.TOWAR,POZYCJA.KOD"
```

Aby policzyć dzienną rotację towarów, należy wyliczyć średni zapas w magazynie w badanym okresie (przyjęto okres od dnia pierwszej dostawy do dnia realizacji zapytania) oraz sumaryczną sprzedaż, a także liczbę dni jaka upłynęła od daty pierwszej dostawy. W celu wyliczenia rotacji towaru, skorzystano ze wzoru opisanego w rozdziale 3.2. Pierwsze zapytanie liczy sumę iloczynów *i*-tej dostaw i liczby dni dzielących od daty *i*-tej dostawy. Drugie zapytanie analogicznie liczy sumę iloczynów *i*-tej sprzedaży i liczby dni dzielących od daty *i*-tej sprzedaży. Oprócz tego, drugie zapytanie liczy sumaryczną sprzedaż towaru. Agregacja wyliczonych wartości w celu obliczenia wartości wskaźnika rotacji odbywa się już w kodzie programu poza zapytaniami *SQL*.

```
Zapytanie = "SELECT POZ_DOS.TOWAR, POZ_DOS.KOD," +
" Min(DOSTAWA.DATA_DOS) AS PierwszaDostawa," +
" DateValue(Mid([PierwszaDostawa],1," & dl_rok & ")+" +
" "" & zm & "" +Mid([PierwszaDostawa]," & pocz_m & ",2)+ "" & zm & "" +Mid([PierwszaDostawa]," & pocz_d & ",2)) +
" AS PierwszaDostawaAsData," +
" Sum([ILOSC_DOS]*DateDiff(" & d & ",DateValue(Mid([Data_dos],1," & dl_rok & ")+" & zm & "" +
" +Mid([Data_dos]," & pocz_m & ",2)+ "" & zm & "" +Mid([Data_dos]," & pocz_d & ",2)),Date())) AS" +
" SumaDostaw" +
" FROM POZYCJA INNER JOIN (DOSTAWA INNER JOIN (POZ_DOS" +
```

```
" INNER JOIN TOWAR on poz_dos.towar=towar.towar)" +
" ON (DOSTAWA.NR_DOS = POZ_DOS.NR_DOS) AND (DOSTAWA.ROK_DOS = POZ_DOS.ROK_DOS))" +
" on pozycja.towar=poz_dos.towar" +
" WHERE (towar.kod=poz_dos.kod) or (isnull(poz_dos.kod) and isnull(towar.kod))" +
" AND" +
" ((POZ_DOS.KOD=POZYCJA.KOD) OR (IsNull(POZ_DOS.KOD) AND IsNull(POZYCJA.KOD) ) )" +
" GROUP BY POZ_DOS.TOWAR, POZ_DOS.KOD order by POZ_DOS.towar, POZ_DOS.kod"
```

```
Zapytanie2 = "SELECT POZYCJA.TOWAR, POZYCJA.KOD, Sum(pozycja.WART_ZL) as suma_zl, Sum(pozycja.ILOSC) +
,, as ilosc_sprzedazy," +
" Min(FAKTURA.DATA) AS PierwszaSprzedaz," +
" DateValue(Mid([PierwszaSprzedaz],1," & dl_rok & ""))" +
" "" & zm & ""+Mid([PierwszaSprzedaz]," & pocz_m & "" ,2)+"" & zm & ""+Mid([PierwszaSprzedaz]," & pocz_d & "" ,2)) +
,, AS PierwszaSprzedazAsData," +
" Sum([ILOSC]*DateDiff("" & d & "" ,DateValue(Mid([Data],1," & dl_rok & ""))" & zm & """" +
" +Mid([Data]," & pocz_m & "" ,2)+ "" & zm & "" +Mid([Data]," & pocz_d & "" ,2)),Date())) AS" +
" SumaSprzedaz FROM FAKTURA INNER JOIN (POZYCJA INNER JOIN TOWAR on pozycja.towar=towar.towar)" +
" ON (FAKTURA.NR_WEWN = POZYCJA.NR_WEWN) AND (FAKTURA.NR_WEWN_R = POZYCJA.NR_WEWN_R)" +
" WHERE (towar.kod=pozycja.kod) or (isnull(pozycja.kod) and isnull(towar.kod))" +
" GROUP BY POZYCJA.TOWAR, POZYCJA.KOD order by POZYCJA.towar, POZYCJA.kod"
```

Realizacja techniczna AG

Pokolenie osobników utworzone jest w dwuwymiarowej tabeli. Ilość rzędów tabeli określona jest przez wielkość chromosomu (w VBA zawartość tabeli numerowana jest od 0, stąd w definicji pojawia się *wielkosc_chromosomu - 1*), natomiast ilość kolumn tabeli jest taka, jak liczebność populacji. Ponieważ osobniki składają się z ciągów bitów, więc tabela jest typu *Byte* (jest to najbardziej oszczędny typ danych, liczby przechowywane są na 1 bajcie).

Definicja tabel napisana w VBA przedstawia się następująco:

```
Public pok1(wielkosc_chromosomu - 1, liczebnosć_populacji - 1) As Byte
Public pok2(wielkosc_chromosomu - 1, liczebnosć_populacji - 1) As Byte
```

Poszczególne pokolenia przechowywane są w dwóch tabelach. Pierwsza z nich *pok1* zawiera chromosomy, które nie zostały poddane operatorom genetycznym. Druga tabela *pok2* jest wynikowym pokoleniem osobników, które po dokonaniu oceny zostały zakwalifikowane do następnego pokolenia w wyniku selekcji. Następnie tabela *pok2* zostaje przepisana do tabeli *pok1* i proces się powtarza. Takie podejście pozwala na znaczną oszczędność pamięci, gdyż operuje się zaledwie na dwóch tabelach z osobnikami. Trzecia tabela *przyst* zawiera w pierwszym rzędzie wartości funkcji przystosowania odpowiednich osobników, natomiast w drugiej, przedziały przydzielone poszczególnym osobnikom, zgodnie z zasadą ruletki. Poniżej przedstawiono jej definicję:

```
Public przyst(1, liczebnosć_populacji - 1) As Double
```

Główny algorytm rozpoczyna się zainicjowaniem stałych algorytmu, takich jak zakresy poszczególnych cech w chromosomie itp. Następnie, w drodze losowania, zostaje wyznaczona populacja wyjściowa. Ze względu na stochastyczny charakter AG, sposób wyznaczenia pierwotnej populacji nie ma wpływu na dalsze obliczenia, stąd przyjęto najprostszą metodę wylosowania wartości poszczególnych genów.

Algorytm wykonuje się aż do osiągnięcia przez licznik i , wartości równej założonej ilości generacji. Można również ustawić warunek końca, który spowoduje zatrzymanie algorytmu w przypadku, gdy wartość funkcji przystosowania osiągnie wymaganą wartość.

Przedstawiony kod głównej procedury AG, napisany w VBA, przypomina zapis w języku naturalnym, co wynika z prostoty składni tego języka programowania proceduralnego:

```
Sub algorytm()  
  Dim i As Integer  
  i = 0  
  Stale_algorytmu  
  Pierwotna_populacja  
  Funkcja_przystosowania  
  While i < ilosc_generacji 'And Warunek_konca <> True  
    Selekcja  
    Krzyzowanie  
    Mutacja_jednostopniowa  
    Funkcja_przystosowania  
    Przepisanie_pokolenia  
    i = i + 1  
  Wend  
End Sub
```

W przypadku uwzględnienia makromutacji występującej co 1000 pokoleń do kodu programu zostaje dodana poniższa instrukcja:

```
If (i Mod 1000 = 0) Then  
  prawdopodobienstwo_mutacji_genu = 0.9  
End If
```

Opis implementacji technicznej symulatora

W implementacji symulatora wykorzystano arkusz Excela. Zastępuje on tablicę, dzięki czemu nie ma konieczności oprogramowywania wyświetlania danych. Wystarczy je wpisać w odpowiednie miejsca arkusza. Wadą takiego podejścia jest mała prędkość działania programu (znacznie mniejsza niż gdyby operacje wykonywane były w pamięci), zaletą natomiast, bezpośredni wgląd w wyniki działania symulatora wyświetlone w arkuszu (Tabela Z.1).

Tabela Z.1 Przykładowe wyniki działania symulatora

Czas	Zapas	Zamówienie do dostawcy	Wielkość zamówienia	Dostawa w drodze	Dostawa do magazynu	Pobranie z magazynu	Cena towaru	Przychód
0	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
1	5,00	0,00	498,58	0,00	0,00	5,00	100,00	500,00
2	0,00	498,58	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
3	0,00	0,00	0,00	498,58	0,00	0,00	100,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	498,58	0,00	0,00	100,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	498,58	498,58	0,00	100,00	0,00
6	498,58	0,00	0,00	0,00	0,00	80,70	100,00	8070,18
7	417,88	0,00	444,45	0,00	0,00	79,16	100,00	7916,38
8	338,71	444,45	0,00	0,00	0,00	77,66	100,00	7765,54
9	261,06	0,00	0,00	444,45	0,00	76,18	100,00	7617,80
10	184,88	0,00	0,00	444,45	0,00	74,73	100,00	7473,34
11	110,15	0,00	0,00	444,45	444,45	73,32	100,00	7332,31
12	481,27	0,00	0,00	0,00	0,00	71,95	100,00	7194,88
13	409,33	0,00	0,00	0,00	0,00	70,61	100,00	7061,19
14	338,71	0,00	390,98	0,00	0,00	69,31	100,00	6931,39
15	269,40	390,98	0,00	0,00	0,00	68,06	100,00	6805,64
16	201,34	0,00	0,00	390,98	0,00	66,84	100,00	6684,06
17	134,50	0,00	0,00	390,98	0,00	65,67	100,00	6566,79
18	68,83	0,00	0,00	390,98	390,98	64,54	100,00	6453,97
19	395,28	0,00	0,00	0,00	0,00	63,46	100,00	6345,71
20	331,82	0,00	355,54	0,00	0,00	62,42	100,00	6242,15
21	269,40	355,54	0,00	0,00	0,00	61,43	100,00	6143,39

W każdym z kroków czasowych wyliczana jest wartość sprzedaży oraz zapasów. Jeżeli wielkość zapasów (z uwzględnieniem dostawy w drodze i zamówienia u dostawcy) spadnie poniżej określonego minimum, generowany jest sygnał, mówiący o konieczności przesłania zamówienia do dostawcy.

```
If Zapas_magazynowy.Offset(i, 0).Value + Dostawa_w_drodze.Offset(i, 0).Value +
    Zamowienie_do_dostawcy.Offset(i, 0).Value > zapas_alarmowy Then
    sygnal_niedoboru = 0
Else
    sygnal_niedoboru = 1
end if
```

W kolejnym kroku wyliczana jest wielkość zamówienia. W zależności od wybranego modelu zamawiania, wielkość ta jest równa optymalnej partii zakupu lub różnicy zapasu maksymalnego i obecnego poziomu zapasu magazynowego.

```
If rodzaj = "R" Then
    'zamawiamy metodą re-order-point - określamy na podstawie prognozy sprzedaży
    Optymalna_partia_zakupu = przew_sprzedaz
    wielkosc_zamowienia.Offset(i, 0).Value = Min(0, sygnal_niedoboru * (Optymalna_partia_zakupu))
Else
    'zamawiamy metodą min-max
    wielkosc_zamowienia.Offset(i, 0).Value = Max(0, sygnal_niedoboru * (zapas_max -
        Zapas_magazynowy.Offset(i, 0).Value))
End If
```

Optymalna partia zakupu wyliczana jest jako suma przewidywanej sprzedaży w okresie realizacji zamówienia. Okres realizacji zamówienia został poszerzony o 3 dni, a więc o czas potrzebny na wygenerowanie zamówienia do dostawcy (1 dzień), czas wysłania dostawy przez dostawcę (1 dzień) oraz czas potrzebny na wprowadzenie dostawy do magazynu (1 dzień).

```

For k = 1 To Okres_realizacji + 3
  popyt_w_chwili_t = ((przes_pionowe + wsp_kierunkowy * (t + k / 30) + amplituda * Sin((t +
  k / 30) * czestosc + przes_fazowe) + amplituda_2 * Sin((t + k / 30) * czestosc_2 +
  przes_fazowe_2)) / Cena_towaru.Offset(i, 0).Value ^ elastycznosc) / 30
  przew_sprzedaz = popyt_w_chwili_t + przew_sprzedaz
Next k

```

Po wygenerowaniu zamówienia i odczekaniu czasu potrzebnego na dostarczenie do magazynu, następuje dostawa do magazynu:

```

Dostawa_do_magazynu.Offset(i, 0).Value = Zamowienie_do_dostawcy.Offset(i - Okres_realizacji,
0).Value

```

Od następnego dnia poziom zapasu w magazynie wzrasta o wielkość dostawy. Takie podejście wynika z tego, że towar musi zostać przeliczony, sprawdzony i zaewidencjonowany w systemie informatycznym.

Sprzedaż realizowana jest zgodnie z funkcją popytu, wyznaczoną na podstawie rzeczywistej sprzedaży z okresów poprzednich. Jedynym ograniczeniem sprzedaży jest brak zapasu w magazynie – taka sytuacja może mieć miejsce w przypadku, gdy został wyznaczony zbyt mały zapas bezpieczeństwa. Pobranie z magazynu jest więc wartością mniejszą z: wyznaczonej funkcją popytu sprzedaży oraz zapasu magazynowego:

```

Pobranie_z_magazynu.Offset(i, 0).Value = Min(Sprzedaz, Zapas_magazynowy.Offset(i, 0).Value)

```

Ponieważ realizowana przez SWD-GM sprzedaż podlega odchyleniom o wartość błędu powstałego w momencie identyfikacji parametrów funkcji popytu (którego rozkład dostatecznie dobrze daje się przybliżyć rozkładem normalnym), dlatego też konieczne jest zastosowanie algorytmu losowania liczb o rozkładzie normalnym. W tym celu można posłużyć się dwukrokową procedurą (Zieliński, 1972). W pierwszym kroku należy wygenerować liczby o rozkładzie równomiernym na przedziale (0,1). Liczby te będą traktowane jako prawdopodobieństwa podstawiane przy liczeniu funkcji odwrotnej do dystrybuanty rozkładu normalnego, określonego przez wartość oczekiwaną i odchylenie standardowe. W tym celu można wykorzystać wbudowaną w Excelu funkcję *ROZKLAD.NORMALNY.ODW(prawd, wart_oczekiwana, odch_standardowe)*, gdzie:

prawd - prawdopodobieństwo odpowiadające rozkładowi normalnemu;

wart_oczekiwana - wartość oczekiwana obliczona jako średnia arytmetyczna rozkładu;

odch_standardowe - jest to standardowe odchylenie rozkładu.

Automatyczne formatowanie wykresów

Poniżej przedstawiono fragment kodu formatującego wykres sprzedaży, wraz z komentarzami:

```
Worksheets("p3").ChartObjects("Wykres 1").Activate
ActiveChart.Axes(xlCategory).Select      'najpierw formatowana jest oś rzędnych
skala = Int((i + 1) / 10)                 'i jest licznikiem pomiarów sprzedaży
If skala = 0 Then skala = 1
With ActiveChart.Axes(xlCategory)
    .MinimumScale = 0
    .MaximumScale = i + 1
    .MinorUnitIsAuto = True
    .MajorUnit = skala                    'ustawienie skali wykresu
    .Crosses = xlAutomatic
    .ReversePlotOrder = False
    .ScaleType = xlLinear
End With
ActiveChart.Axes(xlValue).Select          'w tym miejscu zaczyna się formatowanie osi odciętych
With ActiveChart.Axes(xlValue)
    .MinimumScale = 0
    .MaximumScale = maksim * 1.2          'maksim oznacza maksymalną wielkość sprzedaży
    .MinorUnit = 2
    .MajorUnit = 10 ^ (Len(LTrim(Str(maksim))) - 1) 'wyznaczenie jednostki na skali
    .Crosses = xlAutomatic
    .ReversePlotOrder = False
    .ScaleType = xlLinear
End With
'ActiveChart.SeriesCollection(2).Activate
ActiveChart.SeriesCollection(2).XValues = "=" & p3 & "!R2C10:R" & LTrim(Str(i + 1)) & "C10"
ActiveChart.SeriesCollection(2).Values = "=" & p3 & "!R2C8:R" & LTrim(Str(i + 1)) & "C8"
```

Ostatnie dwie linie kodu określają skąd pobrane zostaną dane do wykresu – dzięki tego typu zabiegom użytkownik nie musi tracić czasu na ustawianie poszczególnych serii wykresu, eliminuje się również możliwość pomyłki, w wyniku której pewne dane mogą zostać nie ujęte na wykresie.

Powyższy fragment kodu został pierwotnie utworzony przy pomocy generatora makr, a następnie zmodyfikowany. Dzięki temu automatowi nie była konieczna znajomość całej charakterystyki obiektu klasy *Chartobject*.

Excel udostępnia dwie możliwości udostępniania wykresu – jako osobny arkusz oraz jako obiekt osadzony w arkuszu. Obydwie możliwości zostały wykorzystane w SWD-GM. W przypadku, gdy analizowana jest sprzedaż i algorytm genetyczny poszukuje parametrów funkcji sprzedaży, wygodniejsze jest dla użytkownika, aby wykres został osadzony w

arkuszu, w którym znajdują się dane oraz dodatkowe, interesujące menedżera informacje (wyliczony błąd sumaryczny identyfikacji parametrów, wartości parametrów itp.). Wykresy prognozy sprzedaży oraz prognozy wielkości zapasów w magazynie, zostały umieszczone na wykresach będących osobnymi arkuszami.