



**Wyższa Szkoła Zarządzania
i Administracji w Opolu**

Władysław Wornalkiewicz

**WPROWADZENIE
DO PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW
INFORMATYCZNYCH ZARZĄDZANIA**

Część 1

Opole 2016

Pauli i Michałowi

Spis treści

Przedmowa	9
Część 1	
Wybrane systemy zarządzania i sposoby modelowania	
1.1. Informatyka w zarządzaniu	13
1.1.1. Wstęp	13
1.1.2. Znaczenie informatyki na przykładzie logistyki	14
1.1.3. Generacje systemów zintegrowanych	17
1.1.4. Formułowanie układu modułów i funkcji	18
1.1.5. Analityka biznesowa	22
1.1.6. Inteligentny łańcuch dostaw	22
1.1.7. Przykład wdrażania narzędzi informatycznych do usprawnienia edukacji zarządzania placówką oświatową	24
1.1.8. Systemy informatyczne w logistyce	25
1.1.9. Charakterystyka programu edukacji w zakresie informatyki w logistyce	27
1.1.10. Możliwości zatrudnienia	30
1.2. Planowanie potrzeb zasobów przedsiębiorstwa	33
1.2.1. MRP – zakres merytoryczny bloków tematycznych	33
1.2.1.1. Cele	33
1.2.1.2. Bloki tematyczne	34
1.2.1.3. Zarządzanie z zastosowaniem koncepcji MRP	37
1.2.2. System klasy MRP i jego otoczenie	40
1.2.3. Standardy sterowania produkcją	42
1.2.4. Przykłady aplikacji standardowych	48
1.2.5. Interfejs pakietu PRODIS – wybrane przykłady	51
1.2.6. Tematy z problematyki MRP	59
1.3. Przykład analizy powdrożeniowej	61
1.3.1. Wstęp	61
1.3.2. Przedstawienie działalności firmy Higma Service	62
1.3.2.1. Zakres działalności	62
1.3.2.2. Aplikacje systemu informatycznego	64
1.3.3. Eksploatowane zintegrowane systemy informatyczne	67
1.3.4. Funkcjonalność pakietu standardowego Comarch ERP Optima	81
1.3.5. Możliwości usprawnienia systemów w obszarze Biura Obsługi Klientów	89
1.4. Systemy zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie	96
1.4.1. Wprowadzenie	96

1.4.2. Katalog korzyści z wprowadzenia systemu ERM	97
1.4.3. Systemy informatyczne klasy ERM	99
1.4.4. Omówienie dalszych wiodących firm doradczych, w tym również w zakresie ERM	105
1.5. Zagadnienia pomocnicze w projektowaniu procedur systemowych	108
1.5.1. Problematyka zastosowania dostępnych programów komputerowych	108
1.5.2. Narzędzia CASE w modelowaniu systemu informatycznego	113
1.5.2.1. Wprowadzenie	113
1.5.2.2. Pakiet do projektowania baz danych	118
1.5.3. Funkcjonalność pakietu typu CASE	120
1.5.4. Wspomaganie tworzenia interfejsu użytkownika	122
1.5.5. Analiza i modelowanie z zastosowaniem różnych narzędzi	123
1.5.6. Zastosowanie metod ilościowych w analizie działalności obiektu	126
1.6. Tendencje rozwojowe w wykorzystaniu nowych technologii informacyjnych w obszarze magazynowania	132
1.6.1. Wprowadzenie	132
1.6.2. Nowoczesne koncepcje logistyki	133
1.6.3. Gospodarka elektroniczna w logistyce	135
1.6.4. Współczesna gospodarka magazynowa	136
1.6.5. Stosowanie standardów w zakresie identyfikacji transakcji kodami kreskowymi	138
1.6.6. Technologia RFID	142
1.6.7. Technologia <i>Voice Picking</i>	143
1.6.8. Automatyzacja procesu magazynowania	145
1.7. Modelowanie ekonometryczne pomocne w projektowaniu systemów	147
1.7.1. Użycie algebry liniowej macierzy	147
1.7.1.1. Informacje wprowadzające	147
1.7.1.2. Estymacja parametrów modelu zmiennej X_3 w środowisku R	150
1.7.1.3. Zastosowanie funkcji macierzowych programu R	155
1.7.1.4. Wprowadzenie parametru stałego do równania liniowego modelu ekonometrycznego	159
1.7.2. Zastosowanie funkcji macierzowych Excela	163
1.7.3. Inne operacje w programie R na macierzach	166
1.8. Rozwiązanie komputerowe zagadnienia komiwojażera	171
1.8.1. Słowo wstępne	171
1.8.2. Asymetryczny problem komiwojażera	176
1.8.3. Symetryczny problem komiwojażera	181
1.8.4. Wspomaganie Excelem algorytmu Little'a	183
1.9. Marszrutyzacja przewozów z zastosowaniem programu WinQSB	193
1.9.1. Wstęp	193
1.9.2. Model matematyczny zadania decyzyjnego klasy VRP	195
1.9.3. Założenia do testowania modelu programem WinQSB	197
1.9.4. Procedura sformułowania zadania decyzyjnego w WinQSB	198
1.9.5. Rozwiązanie problemu decyzyjnego o zmiennych mieszanych	203

1.10. Zastosowanie programu Excel do selekcji zleceń przewozowych	207
1.10.1. Wprowadzenie	207
1.10.2. Dobór pojazdów – zakres informacyjny do algorytmizacji	209
1.10.3. Dane modelowe pojazdów	211
1.10.3.1. Współczynnik wykorzystania ładowności	226
1.10.3.2. Współczynnik wykorzystania pojemności	227
1.10.3.3. Warunek wykonania usługi w czasie wyznaczonym przez klienta	228
1.10.3.4. Ograniczenie podyktowane czasem funkcjonowania magazynów załadunku i rozładunku	230
1.10.3.5. Dostępność pojazdów do planowania przewozów	232
1.10.3.6. Współczynnik rentowności	232
1.10.4. Progi cenowe i obliczenie cen minimalnych	234
1.10.5. Podsumowanie	236

Część 2

Narzędzia wspomagające projektowanie systemów

2.1. Przedmiot: projektowanie systemów informatycznych	241
2.2. Zagadnienie projektowania systemów w literaturze	245
2.2.1. Słowo wstępne	245
2.2.2. Dostępne pozycje książkowe	245
2.2.3. UML w literaturze	248
2.2.4. Zagadnienie wdrożenia systemów	250
2.2.5. Problematyka baz danych	254
2.2.6. Informacje o projektowaniu hurtowni danych	257
2.3. Języki programowania systemów	260
2.3.1. Cechy języka programowania	260
2.3.2. Edukacja w zakresie języków programowania	261
2.3.3. Współczesna popularność języków komputerowych	265
2.3.4. Klasyfikacja języków programowania	269
2.3.5. Współczesne środowiska programistyczne tworzenia aplikacji	271
2.4. Zastosowanie UML w projektowaniu systemów	278
2.4.1. Wstęp	278
2.4.2. Diagramy UML	280
2.4.3. Podejście do analizy i projektowania systemów informatycznych	281
2.4.4. Zastosowania notacji UML	289
2.4.5. Standardy języka UML	295
2.4.6. Przykład modelowania z diagramami UML	297
2.4.7. Struktura diagramów języka UML	299
2.4.8. Wybrane diagramy stosowane w metodyce projektowania	301
2.4.9. Zawartość dokumentacji systemu informatycznego przy zastosowaniu notacji graficznej ERD na przykładzie szkoły	306
2.5. Standardy projektowania (studium przykładu)	310
2.5.1. Słowo wstępne	310
2.5.2. Rozplanowanie menu w aplikacjach Microsoftu	311

2.5.3. Standardowe rozwiązania na przykładzie procesów logistycznych modułu (<i>Comarch ERP Optima Handel</i>)	313
2.5.4. Przykłady rozplanowania menu w programach pomocniczych do analizy i projektowania	320
2.6. Tematy zaliczeniowe z przedmiotu: projektowanie systemów informatycznych	327
2.7. Opis przedmiotu: narzędzia tworzenia i analizy raportów	328
2.8. Narzędzia tworzenia i analizy raportów	341
2.8.1. Zakres przedmiotu	341
2.8.2. Zastosowanie Excela do generowania raportów	342
2.8.3. Tworzenie kwerend i raportów w relacyjnej bazie danych	346
2.9. Raporty w ramach przykładowego modułu (<i>Analizy BI</i>)	356
2.9.1. Zadania <i>BI</i>	356
2.9.2. Raporty <i>BI</i>	357
2.10. Systemy zarządzania bazą danych	364
2.10.1. Wprowadzenie	364
2.10.2. Rozróżnienie systemów zarządzania bazą danych	367
2.10.3. Bliżej o języku SQL	371
2.10.4. Zbiory bazy danych w architekturze klient–serwer	374
2.10.5. Zagadnienie rozproszonych i zaawansowanych baz danych	375
2.10.6. Przykład bazy danych systemu wypożyczania pomocy warsztatowych	380
2.11. Elementy projektowania relacyjnej bazy danych wybranego problemu	387
2.11.1. Skorzystanie z szablonu	387
2.11.2. Próba formułowania struktury interfejsu wejścia	390
2.11.3. Definiowanie pól w Accessie	394
2.11.4. Otrzymywanie danych poprzez formularz	397
2.11.5. Utworzenie własnego formularza tabeli za pomocą kreatora	401
2.11.6. Prezentowanie danych w formie raportów	405
2.11.7. Zastosowanie kwerend	409
2.11.8. Tworzenie dalszych tabel bazy danych systemu wypożyczania narzędzi	416
2.11.9. Przykład powiązania tabel podstawowych tabelą łańcuchową	417
2.12. Wymagania programistyczne środowiska i techniczne sprzętu przykładowych aplikacji	427
2.12.1. Sage Symfonia ERP 2015 – Windows™ XP	427
2.12.2. Zintegrowany system zarządzania (<i>Comarch ERP Optima</i>)	429
2.12.3. SAP Business One	430
2.12.4. RAKS SQL	434
2.12.5. Normy regulujące sferę projektowania i programowania	439
2.13. Przykłady analizy powdrożeniowej w celu modyfikacji systemu eksploatowanego	442
2.13.1. Proponowane usprawnienia funkcjonalności modułu HR	442
2.13.1.1. Słowo wstępne	442

2.13.1.2. Opis funkcjonalności wybranych wersji systemu standardowego	443
2.13.1.3. Zakres implementacji SAP R/3 i jego rozszerzenia w przykładowym obiekcie	446
2.13.1.4. Wnioski powdrożeniowe	450
2.13.1.5. Przykład usprawnienia w zakresie analityki biznesowej	451
2.13.1.6. Wzmocnienie integracji systemów w obszarze HR	453
2.13.2. Usprawnienie systemu płacowego i księgowego	455
2.13.3. Sugestie usprawnienia pracy pilota autokaru	458
2.14. Pożądane dodatkowe umiejętności projektującego system klasy ERP	463
2.14.1. Praca na stanowisku sieci laboratorium komputerowego (moduł: <i>Handel</i>)	463
2.14.2. Zakres pytań i tematów z przedmiotu: wdrożenie zintegrowanego systemu klasy ERP	468
2.14.3. Zaliczenie przedmiotu: narzędzia tworzenia i analizy raportów	469
2.15. Internet jako medium promocji produktu i kreacji wizerunku	471
2.15.1. Współpraca wirtualna z Google	471
2.15.2. Głosy doradców i marketerów internetowych	474
2.15.3. Studia specjalistyczne i dalsze publikacje internetowe	482
2.15.4. Tematyka marketingu internetowego w pozycjach zwartych	484
2.16. Podgląd zaprojektowanej witryny internetowej	487
2.16.1. Wstęp	487
2.16.2. Funkcjonalność menu bocznego	491
2.16.3. Statystyki witryny	496
2.16.4. Wpisy na stronie głównej i na stronach tematycznych	497
2.16.5. Przykład wpisu: „Pytania i zadania zaliczeniowe”	500
2.16.6. Strony (<i>Seites</i>) w ramach blogu	502
2.16.7. Statystyki szczegółowe	503
2.17. Modelowanie ekonometryczne ruchu internetowego	510
2.17.1. Zastosowanie modelu wielomianowego	510
2.17.2. Modele Holta-Wintersa	513
2.17.3. Sformułowanie modelu multiplikatywnego	515
2.17.4. Propozycja zastosowania modelu podwójnego wyrównywania wykładniczego z trendem	520
2.17.5. Próba wyłonienia procedury wynikowej	522
2.18. Wykaz ważniejszych pojęć występujących w opracowaniu	523
2.19. Wzory pomocnicze w projektowaniu algorytmów	550
Bibliografia	555
Indeks rzeczowy	563

Przedmowa

Tematyka projektowania systemów informatycznych jest bardzo obszerna. Różnorodna jest bowiem przestrzeń branżowych procesów zarządzania organizacjami, w tym w szczególności gospodarczymi. Zamierzeniem niniejszego opracowania jest przedstawienie ewolucji systemów wspomagania pracy kierownictwa i komórek różnych szczebli w strukturach organizacyjnych, zarówno dużych, jak i małych firm.

Prowadzenie wykładów z projektowania systemów informatycznych zarządzania z konieczności koncentruje się na poznaniu w pierwszej kolejności standardów systemów zarządzania. Dotyczy to obszarów logistyki, produkcji oraz rozliczeń ilościowych i finansowych w procesie wytwarzania wyrobów czy też świadczenia usług. Wykładowca stara się wskazać etapy oraz bariery dojścia do eksploatacji nowego lub modernizowanego systemu informatycznego, począwszy od analizy przedwdrożeniowej po dokumentację eksploatacyjną włącznie.

Właśnie bieżące dokumentowanie zmian w procedurach modułów systemów, zwłaszcza zintegrowanych, daje szansę panowania nad złożonością współczesnych aplikacji sieciowych ze zdalną techniką mobilną przez terminale, przy współpracy z „chmurką”.

Zaprojektowanie systemu komputerowego, jego implementacja do warunków wskazanego obiektu oraz przyswojenie przez pracowników nawyków pracy z techniką komputerową stwarza poważny problem wdrożeniowy. Również projektowanie złożonych aplikacji angażujących różne języki kodowania wymaga opanowania umiejętności notacji graficznej zjawisk z użyciem odpowiedniego języka, np. UML, i tworzonych w nim diagramów.

Studiujący takie przedmioty jak: wdrażanie zintegrowanych systemów, bazy danych, komputerowe planowanie produkcji według metodologii MRP, tworzenie i analiza raportów, w tym na potrzeby hurtowni danych, oczekują publikacji stanowiącej rodzaj poradnika w tym zakresie.

Mam nadzieję, że przedłożony materiał, w którym podałem przykłady standardowych systemów zintegrowanych mających liczne wdrożenia, zainteresuje Czytelnika. Projektujący złożone moduły z elementami coraz częściej obecnie stosowanej optymalizacji mogą też skorzystać z propozycji procedur zamieszczonych w tej pracy.

Chciałbym w tym miejscu podziękować moim Studentom za zachęcenie mnie do napisania tej książki. Graficzne bowiem prowadzenie notatek na wykładach nie sprzyja takiej percepcji wiadomości, jaką daje ich publikacja.

Dziękuję Panu Doktorowi Wojciechowi Duczmalowi za przychylne odniesienie się do mojej propozycji napisania tego typu książki, a Panu Profesorowi Ryszardowi Broszkiewiczowi serdecznie dziękuję za konsultacje w trakcie jej pisania.

Autor

Część 1

Wybrane systemy zarządzania i sposoby modelowania



1.1. Informatyka w zarządzaniu

1.1.1. Wstęp

Rozwiązania informatyczne stanowią specjalistyczne narzędzia służące poprawie efektywności systemu informacyjnego danej organizacji gospodarczej. Struktura takiego systemu obejmuje: nadawców informacji, odbiorców informacji, zbiory informacji, kanały informacyjne, metody i techniki przetwarzania informacji. Funkcje systemu informacyjnego są następujące: zasilanie w informacje, przetwarzanie informacji, prezentowanie informacji, przechowywanie informacji, przekazywanie informacji. Systemy informatyczne przyczyniają się do efektywnego wspomagania procesów planowania, realizacji, kontroli wydajnego i oszczędnego przepływu komponentów wewnątrz i na zewnątrz jednostki gospodarczej. Przepływ ten obejmuje surowce, półfabrykaty oraz wyroby gotowe. Monitorowany i usprawniany jest także proces tworzenia informacji od punktu dostawy do miejsca odbioru z uwzględnieniem specyficznych uwarunkowań klientów. System informatyczny organizacji składa się z siedmiu grup:

- 1) personelu korzystającego z systemu;
- 2) danych i informacji;
- 3) zbioru narzędzi i urządzeń technologii informatycznej;
- 4) zbioru stosowanych rozwiązań organizacyjnych;
- 5) zbioru informacji o zgromadzonej informacji;
- 6) relacji pomiędzy elementami modułów systemu informatycznego;
- 7) infrastruktury i otoczenia systemu informatycznego.

Obecnie internet usprawnił funkcjonowanie przedsiębiorstw; wymaga jednak wdrożenia w danym rejonie odpowiedniej infrastruktury teleinformatycznej, zapewniającej dobry zasięg sygnałów. Technika informatyczna zwiększa wydajność prac biurowych, gdyż umożliwia: edycję tekstów, stosowanie arkuszy kalkulacyjnych, budowę baz danych i obsługę sekretariatu. W operacjach ewidencjonowania dostaw, magazynowania, przekazywania towaru odbiorcom oraz rozliczeń finansowych stosowane są najnowsze osiągnięcia techniki komputerowej, w tym różnego typu komputery, terminale, skanery kodów kreskowych itp. Wymaga to oznaczenia ładunków etykietami identyfikacyjnymi.

1.1.2. Znaczenie informatyki na przykładzie logistyki

Systemy informatyczne w logistyce stanowią o nowoczesności stosowanych technik i metod zarządzania, zwłaszcza w wyspecjalizowanym przedsiębiorstwie transportowym, świadczącym usługi firmom lub klientom indywidualnym w obszarach:

- prognozowania popytu;
- przepływu informacji źródłowej i udostępniania raportów;
- kontroli zapasów występujących w magazynach – zwłaszcza wysokiego składowania;
- czynności manipulacyjnych wewnątrz magazynu wysokiego składowania;
- przyjmowania i realizowania zamówień, w tym przez sklep internetowy;
- kompletowania różnych elementów według zamówień klientów;
- transportu oraz dostaw według ustaleń z odbiorcami.

Znajomość dostępnych funkcjonalności systemów informatycznych w logistyce jest jeszcze w Polsce rzadko spotykana. Przygotowanie odpowiedniej do tego kadry jest potrzebą dzisiejszych czasów ze względu na przewidywane zapotrzebowanie rynku pracy na specjalistów z tej dziedziny. Podjęcie kształcenia specjalistów w zakresie implementacji – przystosowania typowych zintegrowanych systemów informatycznych, zwłaszcza klasy ERP, oraz czuwania nad systemami już wdrożonymi – jest koniecznością z uwagi na coraz liczniejsze powstawanie centrów logistycznych. W dobie globalizacji i otwartości rynku Unii Europejskiej wymagane jest nie tylko komputerowe wspomaganie sterowania procesami przepływu, a wręcz ich bieżące optymalizowanie w celu stałego podnoszenia efektywności działania. Przewidywane włączenie do Unii Europejskiej dalszych krajów i związane z tym nasilenie handlu międzynarodowego wywoła zapotrzebowanie na:

- analityków potrafiących dobrać odpowiedni pakiet komputerowy z obszaru logistyki i przeprowadzić analizę przedwdrożeniową w danym obiekcie gospodarczym lub handlowym;
- informatyków mających umiejętność modyfikacji systemu standardowego zgodnie z potrzebami klientów;
- kadrami kierowniczą rozumiejącą zarówno mechanizmy zarządzania, jak i procedury funkcjonowania modułów informatycznych.

Podjęcie decyzji w zakresie przystosowania organizacyjnego danej firmy, wyłonienie dostawcy kosztownego systemu informatycznego, a później wielomiesięczne jego wdrażanie traktuje się coraz częściej jako przedsięwzięcie inwestycyjne. Małe i średnie przedsiębiorstwa, chcąc zwią-

szyć prestiż na rynku dóbr i usług, starają się poprawić swój wizerunek, wchodząc w posiadanie nowoczesnych zintegrowanych systemów, w tym w zakresie sterowania logistycznego. Występujące w łańcuchu dostaw procesy logistyczne można podzielić na trzy typy:

- 1) usługi logistyczne wykonywane przez wyspecjalizowane firmy transportowe;
- 2) logistykę związaną z zaopatrzeniem materiałowym oraz magazynowaniem w przedsiębiorstwach;
- 3) logistykę dostaw bezpośrednio na linii produkcyjnej.

W usługach logistycznych występują systemy zarządzające parkiem samochodowym, nawigacyjne i obserwujące ruchy pojazdów. W Stanach Zjednoczonych *outsourcing*, czyli usługi zewnętrzne, stanowią ponad 40% wartości wszystkich usług logistycznych. Przyjmując to jako tendencję, należy się spodziewać wzrostu tego typu usług również w naszym rejonie Europy. Ponadto należy się liczyć ze wzrastającym popytem na specjalistów analityków i informatyków znających możliwości systemów informatycznych logistyki i potrafiących je wdrażać. Istotną rolę odgrywa tu tzw. operator logistyczny, czyli podmiot zarządzający towarem klienta od momentu pozyskania surowca, przez procesy przetwarzania, aż do wytworzenia produktu finalnego. Operator zobowiązany jest do ciągłego monitorowania generowanych w systemie logistycznym przepływów informacyjnych. Duży magazyn, pełny niezbędnych materiałów, to zapewnienie ciągłości produkcji, lecz jednocześnie zamrożenie środków finansowych. Alternatywnym rozwiązaniem jest produkowanie z dostawą *Just-in-time* bezpośrednio na odcinku obróbki lub montażu wyrobów, lecz wymaga to bezawaryjności w łańcuchu dostaw.

Podstawą informatycznych systemów logistycznych jest automatyzacja identyfikacji elementów w celu zmniejszenia do minimum ryzyka wystąpienia przekłamań w procesie odnotowywania przychodów oraz rozchodów. Wykorzystuje się zaawansowane systemy kodów kreskowych, a przy dużych aplikacjach identyfikację radiową EPC/RFID. Przestrzegać należy standaryzacji i wytycznych wynikających z międzynarodowego systemu identyfikacji (organizacja GS1). Systemy informatyczne logistyki gromadzą i przetwarzają informacje pobierane z opakowań oznakowanych kodami kreskowymi w centralnej bazie danych. Pakiety programowe zawierają oprogramowanie do optymalizacji przewozów zewnętrznych, jak i ruchu środków transportu wewnętrznego. Obejmują aplikacje do automatycznego tworzenia dokumentów i elektronicznej wymiany danych między formularzami w różnych językach, korzystając przy tym z języka programowania XML. Spośród systemów informatycznych logistyki główne miejsce zajmują pakiety WMS do obsługi magazynów. Funkcjonowanie takiego sys-

temu zależne jest od branży i wielkości powierzchni magazynu wysokiego składowania, a ponadto od technicznych środków automatyzacji prac.

Działanie WMS przedstawione zostanie na przykładzie jednego magazynu hurtowni papierniczej. W dokumencie zakupu wskazuje się konkretny termin dostawy do magazynu wysokiego składowania. Przyjęcie dostawy towarów to nie tylko sprawdzanie ilościowe, ale także kontrola jakościowa. Zainstalowanie i stosowanie systemu zintegrowanego w firmie wymaga wdrożenia procedur organizacyjnych systemu jakości ISO 9001. Informatyczny system obsługi WMS to szybkie odnotowanie alokacji produktów na wolnych miejscach regałów wysokiego składowania.

Przyjęto założenie nie grupowania towarów według klasyfikacji materiałowej, lecz układania ich według częstości rotacji – w miarę w najbliższym dostępnym miejscu do kompletacji. Rzadziej więc korzysta się z wózków widłowych do zdejmowania palet na poziomach najwyższych regałów. W małej hurtowni magazyn wysokiego składowania przypomina magazyn tradycyjny z układaniem ręcznym, doposażony jednak w przenośne (mobilne) terminale i oznakowania kodami kreskowymi półek regałów. Nie jest wyposażony w automatyczne układarki, jak to bywa w dużych magazynach firm spedycyjnych. Zarówno dostawy, składowanie, kompletowanie, jak i wysyłka są potwierdzane elektronicznie. Dostawa może być rozlokowana w różnych miejscach po kilka sztuk. Każdorazowo po złożeniu danej liczby sztuk towaru na półce regału magazynier skanuje zarówno kod towaru, jak i kod kreskowy miejsca na półce, wprowadzając ponadto liczbę sztuk.

Podsumowaniem ilości, czyli określeniem stanów magazynowych i przeliczaniem wartości towarów według wynegocjowanych cen zakupu wynikających z zawartej umowy zajmuje się system nadrzędny ERP. W hurtowni nie stosuje się dostarczania towaru partiami. Reklamacje ilościowe zdarzają się sporadycznie. Dostawę odnotowuje się na jednym ekranie, tzw. oknie. Skanowanie kodów kreskowych w procesie zakupu i sprzedaży eliminuje błędy, jakie występują przy ręcznym wprowadzaniu symboli towarów.

Funkcjonowanie systemu WMS (zintegrowanego z ERP i innymi cząstkowymi systemami danej hurtowni branżowej) łatwiej zrozumieć, poznając strukturę organizacyjną obejmującą przeważnie:

- 1) prezesa spółki i jego zastępców;
- 2) dział handlowy, a w jego ramach: biuro zakupów, dział obsługi klienta, dział doradców handlowych;
- 3) dział finansowo-księgowy;
- 4) dział sprzedaży;
- 5) dział marketingu.

Strukturze organizacyjnej hurtowni papieru, której nazwy tu nie podaję, odpowiadają moduły systemów informatycznych, np. moduł „Rozrachunki”. System ERP oparty jest na wspólnej bazie danych zebranych przez oprogramowanie SQL Server firmy Microsoft pod Windows Server. W systemie jest kilka tysięcy aktywnych klientów, a baza liczy około 50 tys. towarów. Baza danych prowadzona jest na wydajnym serwerze hardwarowym umożliwiającym swobodne poszerzenie jego możliwości przetwarzania danych o dodatkowe panele. Podział dostępnej pamięci jest wirtualny.

Hurtownia powierzyła serwisowanie systemu ERP firmie zewnętrznej (przy współpracy z własnym specjalistą informatykiem). Płaci się za usunięcie każdego rodzaju usterki. Ten rodzaj umowy gwarancyjnej jest dogodny dla aktualności systemu ERP, lecz sporo kosztuje zamawiającego. Do zarządzania i planowania niezbędne są jeszcze systemy kontrolingowe, analityczne i ustalające prognozy potrzeb materiałowych.

Dostawcami systemów klasy ERP są duże firmy softwarowe. Poznanie procesów logistycznych z zastosowaniem współczesnej techniki obliczeniowej oraz automatyzacja identyfikacji wymagają znajomości wielu wyspecjalizowanych systemów cząstkowych – modułów, z których składa się informatyczny system obiektowy klasy ERP. Istotna jest wiedza i doświadczenie w zakresie wdrożenia zintegrowanych systemów informatycznych klasy ERP.

1.1.3. Generacje systemów zintegrowanych

Zasadniczo wyróżniamy następujące generacje zintegrowanych systemów informatycznych zarządzania:

MRP – planowanie zapotrzebowania materiałowego;

MRP II – planowanie zasobów (materiałów, maszyn produkcyjnych, zatrudnienia);

ERP – rozszerzone planowanie zasobów, w tym optymalizacja zasobów rzeczowych, planowanie i zarządzanie finansami (płynność finansowa, wolne środki, analiza rentowności inwestycji finansowych);

ERP II – rozszerzenie ERP w zakresie: zintegrowanego łańcucha dostaw, udostępniania wybranych zasobów klientom z zastosowaniem technologii internetowej w sieci WWW;

CRM – zarządzanie kontaktami z klientami.

Warte szczególnego wyróżnienia jest CRM, będące strategią biznesową opartą na systemach informatycznych gromadzących dane klienta ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych w celu ich analizy. Dane opisujące klientów są rozproszone w wielu modułach systemu zintegrowanego, tak więc analizy CRM to zespolone raporty ze zgromadzonych danych. W ramach grupy systemów klasy CRM wyróżnia się następujące warianty:

eCRM – elektroniczny kontakt z klientem za pośrednictwem internetu;

mCRM – przekazywanie informacji klientom, dostawcom, partnerom handlowym za pośrednictwem technologii bezprzewodowej;

cCRM – bezpośrednia interakcja z firmą współpracującą;

PRM – zarządzanie relacjami ze stowarzyszonymi partnerami handlowymi w celu optymalizacji sprzedaży;

SRM – zarządzanie relacjami ze współpracującymi dostawcami w celu optymalizacji procesów zaopatrzenia.

SCM – system zarządzania łańcuchem dostaw przez efektywne wykorzystanie zasobów.

Oprócz wymienionych form systemów doskonalących przyspieszenie i wzrost efektywności procesów produkcyjnych występują komputerowe systemy wspomagające zarząd firmy oraz menedżerów w procesie podejmowania decyzji:

- systemy informowania kierownictwa, które koncentrują się na ogólnym, sprawnym działaniu firmy;

- systemy wspomaganie decyzji strategicznych i taktycznych w zakresie planowania działalności gospodarczej, inwestycji, zaopatrzenia, sprzedaży wyrobów i usług oraz gospodarki finansowej; powinny one nadążać za zmieniającymi się wymaganiami otoczenia;

- systemy ekspertowe oparte na wiedzy i procedurach realizacji zadań podpatrzonych wcześniej u ekspertów różnych branż; służą kierownictwu radą oraz diagnozują pojawiające się problemy w określonej działalności firmy.

1.1.4. Formułowanie układu modułów i funkcji

Do podstawowych obszarów działalności przedsiębiorstwa zaliczamy: produkcję, zarządzanie relacjami z klientami, dokumenty elektroniczne, zamówienia elektroniczne, finanse i księgowość, kontroling i budżetowanie, logistykę, majątek trwały oraz zarządzanie personelem. Systemy informatyczne klasy ERP wspomagają procesy logistyczne w łańcuchu dostaw. Można to prześledzić na przykładach z literatury odnoszących się do wdrożeń tego typu systemów. W procesie wprowadzania określonego systemu ERP do praktyki firmy istotne jest poznanie oczekiwań przyszłych użytkowników od standardowego systemu zintegrowanego. W okresie wdrażania możemy wyróżnić takie prace, jak:

- analiza funkcjonalności oraz integracji funkcji w typowych – standardowych systemach zintegrowanych oferowanych przez producentów oprogramowania z przeznaczeniem dla dużych, średnich i małych firm;

- zastosowanie odpowiedniej metodyki implementacji standardowego systemu zintegrowanego do uwarunkowań informacyjnych i organizacyjnych określonego przedsiębiorstwa;
- zorganizowanie lub rozbudowa istniejącej platformy programowo-sprzętowej informatyki obiektu.

Początkowe etapy prac są następujące: ewidencja stanu istniejącego systemu informatycznego, wyłonienie potrzeb użytkowników, zastosowanie procedury wyboru dostawcy oprogramowania i sprzętu, sformułowanie koncepcji przedwdrożeniowej, zawarcie umowy na zakup i wdrożenie aplikacji standardowej.

Istotną rolę odgrywa powołanie zespołu wdrożeniowego oraz konsultantów w czasie implementacji (projektowania oraz oprogramowania) systemu, a po wdrożeniu – czuwanie nad serwisowaniem systemu zintegrowanego. Tutaj pojawia się też problem dążności do przyszłej rozbudowy modułowej systemu od generacji MRP aż po system SFA. System SFA stanowi końcową fazę rozwoju systemu klasy CRM i przeznaczony jest do mobilnego wspomagania pracujących w terenie przedstawicieli przedsiębiorstwa o strukturze rozproszonej. Posługują się oni komputerami przenośnymi w technologii bezprzewodowej.

Systemy zintegrowane stanowią zwykle obszerne platformy składające się z systemów specjalizowanych w podstawowych obszarach działalności przedsiębiorstwa, w tym logistyki. Występuje obecnie dość duża rozległość funkcjonalna modułów tego typu systemów. Emocje budzą, czasem nadmierne, oczekiwania użytkowników od wdrażanego w ich przedsiębiorstwie zintegrowanego systemu informatycznego klasy ERP. Dlatego warto na etapie edukacji realizować ze studentami modelowanie wyłonienia i integracji modułów oraz funkcji hipotetycznego systemu klasy ERP. Godne uwagi jest także przećwiczenie i opracowanie koncepcji wymagań przedwdrożeniowych oraz sformułowanie umowy na wdrażanie systemu. Etapem wieńczącym proces przedwdrożeniowy systemu klasy ERP jest opracowanie harmonogramu wdrożenia z uwzględnieniem metodyki implementacji systemu standardowego. Celowa jest dyskusja na temat odpowiedniego usytuowania składu, obowiązków zespołu wdrożeniowego i zespołów wykonawców w poszczególnych obszarach działalności przedsiębiorstwa.

Rozpowszechnienie się systemów wspomagających zarządzanie, zwłaszcza klasy ERP, jest rezultatem wzajemnego przenikania się logistyki handlu i komputeryzacji wspomagającej sprzedaż.

W ewolucji modułów systemów informatycznych, w celu dogodności korzystania z nich i jednocześnie wykorzystania nowoczesnej techniki informacyjnej, zintegrowano dostęp do zasobów przedsiębiorstwa. W konse-

kwencji takiego działania powstały kolejno następujące systemy informatyczne stanowiące główny trzon systemów informacyjnych firm:

- zarządzanie gospodarką magazynową (IC);
- planowanie potrzeb magazynowych (MRP);
- planowanie zasobów produkcyjnych (MRP II);
- planowanie zasobów przedsiębiorstwa (ERP);
- dynamiczne modelowanie (DEM).

Powstaniu określonych typów systemów sprzyjały opracowane teoretycznie wcześniejsze metodologie funkcjonalności przedsiębiorstw. Na przykład MRP polega na połączeniu popytu na poszczególne wyroby z zapotrzebowaniem na materiały produkcyjne. Zastosowanie techniki komputerowej umożliwia szybkie określenie ich potrzeb na podstawie struktury wyrobów i zaplanowanych zleceń. Sprzyja to redukcji kosztów oraz dotrzymaniu terminów umów z odbiorcami wyrobów finalnych. System MRP określa zdolności produkcyjne poszczególnych linii i stanowisk roboczych.

Sukces MRP zaowocował opracowaniem jego rozszerzenia w postaci MRP II. Zintegrowano funkcjonalność MRP z zakupami, utrzymaniem maszyn i urządzeń, zasobami pracowników oraz z komputerową techniką projektowania wyrobów i jego komponentów. Powstały metodologie planowania zasobów wytwórczych opracowane przez stowarzyszenie producentów APICS. Zdefiniowane w niej m.in. systemy klasy MRP II umożliwiają:

- określenie komponentów wyrobów;
- zabezpieczenie dostępności elementów składowych wyrobów finalnych przy minimalizacji zapasów magazynowych;
- ustalenie terminów uruchomienia produkcji poszczególnych komponentów wyrobów finalnych;
- kontrolę przestrzegania długości cykli produkcyjnych;
- kontrolę obciążenia urządzeń produkcyjnych;
- planowanie przyszłego obciążenia mocy wytwórczych.

Systemy klasy ERP stanowią kolejny etap w rozwoju systemów informatycznych zarządzania i obejmują szeroko rozumiane planowanie niemal pełnych zasobów przedsiębiorstwa. W procesie wdrażania, gdy firma ma już pojedyncze funkcjonalnie systemy informatyczne, następuje programowe i sprzętowe nawiązanie współpracy między nimi, aby zachować całość i korzystać ze wspólnych zasobów informacyjnych. W skład systemów klasy ERP wchodzi także – często osobno dystrybuowane – następujące podsystemy:

- zarządzanie łańcuchem dostaw (SCM); dotyczy to w szczególności organizacji gospodarczych powiązanych w sieć logistyczną, która obejmuje dostawców, producentów, dystrybutorów i klientów; współpraca pomiędzy

uczestnikami łańcucha dostaw zmierza do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej na rynku;

- zarządzanie relacjami z klientami (CRM).

Wymienione podsystemy wykorzystują w znacznym stopniu interfejs internetowy przez standard Web Services. Podsystemy cechuje przyjazne użytkownikowi menu ekranowe. Od wdrożonych współczesnych systemów wspomagających zarządzanie oczekuje się następujących korzyści:

- integracji informacji finansowej,
- integracji informacji o zamówieniach klientów,
- standaryzacji i przyspieszenia procesów produkcyjnych,
- zmniejszenia stanów zapasów,
- standaryzacji informacji o załodze.

Systemy informatyczne występują na poziomie strategicznym, decyzyjnym i operacyjnym (taktycznym). Na każdym z tych poziomów mogą wystąpić określone uwarunkowania wynikające z trudności finansowych lub oporów pracowników firmy. Konieczne jest wskazanie barier organizacyjnych, psychologicznych, finansowych towarzyszących wdrożeniu dużego przedsięwzięcia, jakim jest system zintegrowany klasy ERP. Istotne jest wskazanie trudności na etapach analizy, wyboru i sformułowania umowy na dostawę oraz wdrożenie systemu. Warto znać oczekiwania inwestorów i nakreślenie ram koncepcji przedwdrożeniowej zmierzającej do następujących kierunków innowacyjności:

- zainstalowanie sieci i terminali umożliwiające ewidencjonowanie oraz dostęp do danych w czasie rzeczywistym;
- dokonanie integracji i unowocześnienia eksploatowanych systemów biznesowych, przeorganizowanie zbiorów w bazę danych o szybkim dostępie oraz usprawnienie procesów we wszystkich podstawowych obszarach działalności;
- przeprowadzenie unifikacji dokumentów w ramach modułów;
- umożliwienie swobodnego dostępu do bazy danych przez upoważnionych przedstawicieli komórek organizacyjnych;
- upowszechnienie wizualizacji raportów niezbędnych do analizy przez kierownictwo firmy;
- udoskonalenie procesów szybkiego podejmowania decyzji w istotnych obszarach działalności obiektu produkcyjnego, usługowego, handlowego oraz instytucji;
- modułowe uformowanie systemu reagującego elastycznie na bieżące zmiany, zwłaszcza legislacyjne.

1.1.5. Analityka biznesowa

Business Intelligence (BI), czyli analitykę biznesową można przedstawić jako proces przekształcania danych w informację, a informację w wiedzę, która może być pomocna do zwiększenia konkurencyjności przedsiębiorstwa. Wymaga to jednak utworzenia hurtowni danych, która pozwala na ujednoczenie i powiązanie danych zgromadzonych z różnorodnych ewidencyjnych systemów informatycznych. System BI generuje standardowe raporty oraz wyznacza wskaźniki efektywności działania danego przedsiębiorstwa, posługując się określonymi narzędziami analitycznymi. System *Business Intelligence* skierowany jest przede wszystkim do menedżerów i specjalistów zajmujących się analizami i strategiami. W BI techniki prezentacyjne dostosowane są do potrzeb określonego użytkownika. System udostępnia określony pulpit menedżerski w celu wskazania potrzebnych do wizualizacji danych oraz raportów tabelarycznych. Odmianą BI są systemy informowania kierownictwa EIS oraz wspomaganie decyzji DSS.

Od systemu BI oczekuje się podania prostych, jednoznacznych odpowiedzi, a nawet wskazanie jedyne go słusznego rozwiązania przez sformułowanie zadania optymalizacyjnego. W *Business Intelligence* wskazane jest wykorzystanie statystycznej wielowymiarowej analizy danych, prognoz i symulacji, a także ustalanie parametrów ekonomicznych, magazynowych, logistycznych na podstawie obserwacji szeregów czasowych w okresach minionych. Mając dane empiryczne, istnieje możliwość zastosowania wyspecjalizowanych modułów systemu BI do optymalizacji decyzji o zapasach, transporcie i cyklu procesu produkcyjnego.

W ramach aplikacji programowej istotne są wbudowane w system narzędzia tworzenia i analizy raportów. Umożliwiają one korzystanie z procedur wyszukiwania informacji ze wspólnej bazy danych, zastosowanie grupowania wiedzy, generowanie zestawień według żądanych przez użytkownika układów i agregację informacji.

1.1.6. Inteligentny łańcuch dostaw

Łańcuchem dostaw nazywamy ciągi jednostkowych przedsiębiorstw powiązanych niezależnymi transakcjami kupna i sprzedaży, sterowane nieskoordynowanym mechanizmem cenowym. Łańcuchy dostaw były w minionych piętnastu latach wyznacznikami rozwoju logistyki. Dzięki wdrażanym systemom informatycznym tzw. łańcuchy dostaw integrowały współpracujące przedsiębiorstwa przez wymianę informacji, co zsynchronizowało dystrybucję z rzeczywistym popytem na produkty i usługi; ponadto dzięki internetowi dostawy stały się bardziej elastyczne. Obecnie lansuje się określenie dynamicznych oraz inteligentnych łańcuchów do-

staw. Sprzyja temu w miarę swobodny dostęp do światowych zasobów oraz zróżnicowana oferta dostawców. Sieć dostaw wspomagana siecią centrów logistycznych tworzy dynamiczną platformę logistyczną, gotową do realizacji zapotrzebowania z rynku. Stawia to jednak przed menedżerem wiele problemów do rozwiązania, zwłaszcza w zakresie zarządzania logistycznego. We wspomaganym komputerowo inteligentnym łańcuchu dostaw następuje scalenie i sprawne monitorowanie przepływów magazynowo-transportowych między współpracującymi ze sobą różnymi obiektami. Elastyczne i inteligentne łańcuchy dostaw stają się bowiem podstawową formą integracji i kooperacji przedsiębiorstw. Warto zapoznać się praktycznie z wersjami edukacyjnymi podsystemów systemu zintegrowanego, w szczególności takimi jak:

- CRM – zarządzanie kontaktami z klientami;
- WMS – zarządzanie magazynem;
- MRP II – zarządzanie przedsiębiorstwem produkcyjnym;
- ERP – zintegrowane zarządzanie przedsiębiorstwem;
- SCM – zarządzanie łańcuchem dostaw.

Zrozumienie ich funkcjonalności oraz budowy bazy danych systemów zintegrowanych sprzyja poznaniu podstaw projektowania systemów informatycznych.

Trzon w hurtowniach branżowych do obsługi procesów magazynowania stanowi system zarządzania magazynem. W dużych systemach współpracuje on z nadrzędnym systemem zarządzającym całym przedsiębiorstwem klasy ERP. Systemy WMS zawierają specyficzne moduły, takie jak parametry logistyczne opakowań, klasy miejsc składowania, identyfikacja miejsc magazynowania wyrażona kodami kreskowymi. Oprócz zarządzania miejscami magazynowania WMS wspomaga wszelkie techniczne operacje wykonane sprzętem do układania i pobierania komponentów nawet w kilku magazynach. System WMS gromadzi terminy ważności elementów magazynowanych, hierarchię i strukturę opakowań, sposoby składania, serie dostaw oraz wiele innych informacji. Hierarchia miejsc powierzchni w magazynie wynika z podziału:

obszar \Rightarrow rząd \Rightarrow kolumna \Rightarrow poziom regału \Rightarrow miejsce w regale.

W dużym magazynie wysokiego składowania wyznacza się tzw. obszary, np.: brama załadunkowa, obszar kompletacji zamówień oraz obszar składowania.

Miejsca magazynowe mają podział rodzajowy. Użytkownik sam definiuje miejsca magazynowe według nośności i rozmiaru. System WMS musi udostępnić przeglądanie stanów ilościowych przechowywanych elementów w magazynie według różnych kryteriów. Użytkownik tworzy „mapę” rzeczywistego rozmieszczenia palet i innych opakowań oraz elementów

w magazynie. Gdy WMS pracuje autonomicznie, to ma możliwość przyjmowania zleceń od klientów na wysyłkę określonych towarów, jak również tworzenia zamówień na dostawy do magazynu. W logistyce magazynowej występują określone grupy dokumentów: zamówienia do dostawców, zlecenia od klientów, rezerwacja towarów, potwierdzenia wydania, definicje postaci ładunku, dostawy do magazynu, rejestracja dostaw towarów z zewnątrz, rejestracja dostaw komponentów z produkcji, wysyłki z magazynu, planowanie wysyłek elementów z magazynu, realizacja kompletacji zamówień, operacje wewnątrzmagazynowe.

WMS w wersji autonomicznej generuje przez operatora lub automatycznie listy kolejnych zleceń transportowych. Wspomaganie planowania, realizacji wysyłek transportowych, przyporządkowania skompletowanych przesyłek poszczególnym środkom transportu zewnętrznego lub firmom powinno uwzględniać możliwości teorii badań operacyjnych. Praktyczne opanowanie na stanowiskach komputerowych podstawowych modułów systemu zintegrowanego klasy ERP umożliwi zatrudnienie w firmach wdrażających podobne systemy specjalistów ds. szkoleń, doradców użytkownika na etapie analizy przedwdrożeniowej, projektantów koncepcji adaptacji typowego systemu według opcji użytkownika.

1.1.7. Przykład wdrażania narzędzi informatycznych do usprawnienia edukacji zarządzania placówką oświatową

Jako studium przykładu wspomnijmy teraz opracowaną w ramach pracy magisterskiej¹ koncepcję wykorzystania adekwatnych technologii informatycznych do usprawnienia w istotny sposób zarządzania placówką oświatową; koncepcja obejmuje następujące etapy:

- rozpoznanie literaturowe oraz otoczenia w zakresie wspomaganych komputerowo systemów zarządzania podobną ponadgimnazjalną placówką oświatową;
- rodzaje preferowanych technologii informatycznych, których wdrożenie przyczyni się do restrukturyzacji istniejącego systemu zarządzania oraz wspomagania nauczania przedmiotów istniejących, a także kreowania nowych kierunków edukacji;
- prezentacja stanu istniejącego i zamierzenia rozwojowe przykładowej placówki oświatowej;
- zalecenia informatyczne wspomagające zarządzanie określonymi przedmiotami;

¹ Elementy opisu opierają się na pracy magisterskiej: P. R a z i k, Wpływ wdrażanych nowych narzędzi informatycznych na funkcjonowanie placówki oświatowej (na przykładzie Zespołu Szkół w Głuchołazach) [praca magisterska niepublikowana, w zasobach WSZiA, Opole 2013].

- oczekiwania poszczególnych nauczycieli;
- możliwości merytoryczne i finansowe danej placówki oświatowej w celu sprostania oczekiwaniom grona pedagogicznego i administracyjnego.

Koncepcja konfiguracji sprzętowo-aplikacyjnej stanowiła *consensus* uzgodnień na etapie analizy stanu istniejącego oraz potrzeb między kadrą nauczycielską, dyrekcją oraz informatykiem zespołu szkół. Wdrożenie projektu ma zdecydowanie unowocześnić system wspomaganie obszarów działalności edukacyjnej i zachęcić uczniów do chłonięcia z pasją serwowanej przez pedagogów wiedzy. Zanim doszło do restrukturyzacji systemu informatycznego placówki oświatowej szczebla ponadgimnazjalnego, trzeba było poznać istniejącą strukturę wydatków oraz proponowaną na informatyzację przykładowego obiektu. Przedsięwzięcie informatyczne i jego dalsza realizacja była możliwa przy wydatnym wsparciu środkami finansowymi ze źródeł zewnętrznych. Nowoczesna szkoła średnia charakteryzuje się wykorzystaniem technologii multimedialnych w zakresie powszechnego dostępu nauczycieli oraz uczniów do bazy literatury. Wymagane jest jednak szkolenie samych wykładowców w celu poznania funkcjonalności modułów systemu informatycznego, aby mogli oni prawidłowo korzystać z wytypowanych przez siebie aplikacji programowych².

Jak każdemu zadaniu większej rangi, tak i procesowi modernizacji zastosowania informatyki w szkole średniej towarzyszą trudności wdrożeniowe. Występują począwszy od ankietyzacji nauczycieli, co do potrzeb i przydatności nowych narzędzi innowacyjnych informatyki w nauczaniu określonych przedmiotów, opinii o nich informatyka, aż po stosowanie kolejnych programów. Z tego względu celowe było opracowanie analizy SWOT, aby poznać przed czasem mocne i słabe strony zamierzenia unowocześnienia danej szkoły.

1.1.8. Systemy informatyczne w logistyce

O rozwoju logistyki zadecydowały otwarcie światowych źródeł zasobów, rynków konsumentów, a w szczególności szybkie upowszechnianie się technologii informatycznych. Stanowi to inspirację do doskonalenia strategii logistycznych, rozszerzania się globalnej gospodarki oraz impuls do szybkiego wdrażania nowych technik wymiany informacji oraz gromadzenia danych. Logistyka należy do newralgicznych dziedzin zarządzania, zwłaszcza w warunkach dużego ryzyka, kiedy kształtuje się rynek kapitałowy, materiałowy i towarowy. Również wtedy, gdy nieustannie przybywa-

² Podane informacje pochodzą z roku 2014.

ją nowe firmy konkurencyjne oraz przeplatają się zjawiska inflacji, recesji i koniunktury. Tak więc zarządzanie procesami logistycznymi wymaga stosowania nowoczesnych rozwiązań systemowych³.

Między krajami Unii Europejskiej występują znaczne dysproporcje w organizacji kształcenia w dziedzinie informatyki, a w szczególności projektowania systemów aplikacyjnych lub implementacji istniejących na potrzeby inwestora. Podjęcie decyzji w zakresie przystosowania organizacyjnego danej firmy, wyłonienie dostawcy kosztownego systemu informatycznego, a później jego wielomiesięczne wdrażanie traktuje się coraz częściej jako przedsięwzięcie inwestycyjne. Małe i średnie przedsiębiorstwa, chcąc zwiększyć prestiż na rynku dóbr i usług, starają się poprawić swój wizerunek, wchodząc w posiadanie nowoczesnych zintegrowanych systemów, w tym w zakresie sterowania logistycznego.

Warto teraz wymienić przykładowe systemy informatyczne logistyki – przy czym część z nich ma rangę ERP – zawierające m.in. podsystem obsługi materiałowo-magazynowej.

4mPower logistic (Softline) – mobilny system uwzględniający optymalizację pracy i automatyzację przepływu informacji w czasie bliskim rzeczywistości (*near real time*) między dyspozytorem a pracownikami w terenie.

Agilero (Logisys) – interfejs między urządzeniami automatycznej identyfikacji, zwłaszcza radiowej, z systemami ERP, MRP II, WMS.

Auto MAG MP100D (ISL) – system sterowania regałami/magazynami automatycznymi z optymalizacją powierzchni składowania.

Automatyczna identyfikacja palet (BSC Polska) – system rejestracji parametrów palet/przesyłek z identyfikacją kodami kreskowymi lub etykietami RFID.

AX4 (AXIT) – internetowy system wspierający zarządzanie, wymianę danych i dokumentów logistycznych z systemem ERP.

CLICK'N'FLOW (Benson Consultants) – system umożliwiający obsługę dokumentów EDI (*Electronical Data Interchange*) w procesie automatycznej wymiany danych.

Effect Warehouse (Consafe Logistics) – system typu WMS zarządzający kompleksowo pracą średniej wielkości magazynu.

Gepard (Benson Consultants) – system wspomagania planowania, monitorowania, rozliczania i zarządzania środkami transportu.

Janus (Winuel) – system wspomagający zarządzanie ruchem pojazdów, kontrolowania poprawności operacji logistycznych.

³Zob.: M. Małejka, Zintegrowane systemy informatyczne w zarządzaniu [praca magisterska niepublikowana, w zasobach WSZiA, Opole 2013].

Logifact WMS (Logifact – Systems) – system obejmujący wszystkie obszary sterowania przepływem materiałowym.

MaxeBiznes/moduł MAX Logistyka (MAX) – zintegrowany system zarządzania uwzględniający obszary: księgowości i finansów, obsługi logistycznej, zarządzania personelem.

Mobile Store (Consafe Logistics) – system klasy SFA wspierający pracę przedstawicieli handlowych w terenie prowadzących zbieranie zamówień od klientów oraz sprzedaż obwoźną; przedstawiciel ma zdalny dostęp do bazy danych w centrali zawierającej bieżące promocje wyrobów i raporty z jego pracy.

ProTrace (TOT.NET) – mobilne oprogramowanie zainstalowane na terminalach, integrowane z systemami klasy MRP/ERP/WMS.

1.1.9. Charakterystyka programu edukacji w zakresie informatyki w logistyce

Poznanie procesów logistycznych z zastosowaniem współczesnej techniki obliczeniowej oraz automatyzacja identyfikacji wymaga znajomości wielu wyspecjalizowanych systemów cząstkowych, które traktowane jako moduły można zestawić w systemy obiektowe zintegrowane z systemem zarządzania klasy ERP. Program edukacji w zakresie specjalności: systemy informatyczne w logistyce ma przekazać wiedzę specjalistyczną na wykładach, ćwiczeniach oraz w laboratorium komputerowym z szeregu przedmiotów.

Już na trzecim semestrze studiów licencjackich wykładany jest przedmiot – zintegrowane systemy informatyczne w zarządzaniu. W trakcie wykładów z tego przedmiotu studenci poznają ogólnie zintegrowane systemy zarządzania wspomagane techniką komputerową, oparte na wspólnej bazie danych źródłowych, formularzy, słowników, kodów, parametrów z dostępem przez uprawnionych użytkowników do określonych funkcjonalności. Zintegrowane systemy informatyczne w przedsiębiorstwie stanowią zaawansowane rozwiązania wspomagające procesy zarządzania w następujących podstawowych obszarach jego działalności: konstrukcja i technologia, produkcja, zaopatrzenie i sprzedaż, utrzymanie ruchu maszyn i urządzeń oraz gospodarka narzędziowa, finanse i księgowość. W projektowaniu określonego zintegrowanego systemu zarządzania bazuje się na metodologii budowy i wdrażania systemów klasy ERP, SCM oraz WMS. Ogólnie ujmując, system zintegrowany to taki, w którym użytkownik, korzystając z własnego terminalu, jest w stanie uruchomić funkcje, do których jest uprawniony. System zintegrowany cechuje jednakowy interfejs ekranowy dostępu do danych. Dane do systemu wprowadzane są tylko raz

i automatycznie uaktualniają cały stan informacyjny. Na wykładach tego przedmiotu studenci uzyskują przede wszystkim niezbędną wiedzę teoretyczną w obszarach takich jak⁴:

- podstawowe pojęcia z zakresu zintegrowanych systemów informatycznych wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem;
- dzieje ewolucji systemów informatycznych;
- problematyka ogólna stosowanych zintegrowanych systemów informatycznych w polskich przedsiębiorstwach;
- praktyczne ogólne aspekty implementacji zintegrowanych systemów informatycznych w przedsiębiorstwie;
- opis przykładowego zintegrowanego systemu informatycznego małej lokalnej firmy usługowej.

W ramach omawianej specjalności kolejny przedmiot wykładany również na studiach licencjackich to – wdrożenie zintegrowanych systemów informatycznych klasy ERP, który obejmuje wykłady oraz ćwiczenia. Studenci zyskują i ćwiczą wiedzę o przedsiębiorstwie na wykładach i ćwiczeniach.

A. W y k ł a d y

A.1. Struktura systemów zintegrowanych, a w tym: MRP, MRP II, ERP, ERP II, CRM, PRM, SRM, SCM. Funkcje tych systemów podano w podrozdziale 1.1.3.

A.2. Formułowanie układu modułów i funkcji w następujących obszarach działalności przedsiębiorstwa: produkcja, zarządzanie relacjami z klientami, dokumenty elektroniczne, zamówienia elektroniczne, finanse i księgowość, kontroling i budżetowanie, logistyka, majątek trwały, zarządzanie personelem.

A.3. Systemy informatyczne klasy ERP wspomagające procesy logistyczne w łańcuchu dostaw.

A.4. Zagadnienie wdrożeń systemów informatycznych na przykładach z literatury oraz określenie oczekiwań w stosunku do modelowego systemu zintegrowanego.

A.5. Analiza funkcjonalności oraz integracji funkcji w typowych – standardowych systemach zintegrowanych, oferowanych przez producentów oprogramowania z przeznaczeniem dla dużych, średnich i małych firm.

A.6. Metodyka implementacji systemu zintegrowanego.

A.7. Rozbudowana platforma programowa ułatwiająca proces wdrożeniowy.

A.8. Fazy i etapy prac w zakresie: ewidencji stanu istniejącego systemu informatycznego, potrzeb użytkowników, procedury wyboru dostawcy

⁴ Ibidem.

oprogramowania i sprzętu, sformułowanie koncepcji przedwdrożeniowej, zawarcie umowy na zakup i wdrożenie aplikacji standardowej.

A.9. Zadania zespołu wdrożeniowego oraz konsultantów w czasie implementacji, a po wdrożeniu serwisowania systemu zintegrowanego.

B. Ć w i c z e n i a

B.1. Rozbudowa modułowa systemu MRP według faz rozwojowych, aż po system SFA, przy czym system SFA stanowi integralną część systemu CRM i służy wspomaganie przedstawicieli pracujących w terenie. Posługują się oni komputerami przenośnymi w technologii bezprzewodowej.

B.2. Budowa systemu informatycznego w podstawowych obszarach działalności przedsiębiorstwa, a w tym logistyki.

B.3. Dyskusja na temat oczekiwań od zintegrowanego systemu informatycznego klasy ERP w miejscu pracy studentów studiów zaocznych.

B.4. Modelowanie integracji funkcji oraz modułów hipotetycznego systemu klasy ERP.

B.5. Opracowanie koncepcji wymagań przedwdrożeniowych oraz sformułowanie umowy na wdrażanie systemu.

B.6. Opracowanie harmonogramu wdrożenia z uwzględnieniem metodyki implementacji systemu standardowego.

B.7. Dyskusja na temat składu i obowiązków zespołu wdrożeniowego i zespołów wykonawców w poszczególnych obszarach działalności przedsiębiorstwa.

Kolejne wykłady w następnych semestrach obejmują przedmioty:

- uwarunkowania wdrożenia zaawansowanych systemów – na wykładach studenci poznają bariery organizacyjne, psychologiczne, finansowe towarzyszące wdrożeniu dużego przedsięwzięcia, jakim jest system zintegrowany klasy ERP. Następnie przedstawione zostają trudności na etapach analizy, wyboru i sformułowania umowy na dostawę oraz wdrożenie systemu, a także omówione oczekiwania inwestorów i nakreślenie ram koncepcji przedwdrożeniowej;

- systemy *Business Intelligence* (BI) – czyli analityka biznesowa; może być przedstawiona jako proces przekształcania danych w informacje, informacje w wiedzę służącą zwiększeniu konkurencyjności przedsiębiorstwa;

- narzędzia tworzenia i analizy raportów; zajęcia z tego przedmiotu dają studentowi wiedzę w zakresie procedur wyszukiwania informacji ze wspólnej bazy danych, grupowania wiedzy i zestawiania jej według żądanych przez użytkownika przekroi i agregacji;

- inteligentny łańcuch dostaw; w ramach wykładów studenci poznają inteligentny łańcuch dostaw, w którym dzięki wspomaganie komputerowe-

mu następuje scalenie i sprawne monitorowanie przepływów magazynowo-transportowych między współpracującymi ze sobą różnymi obiektami. Elastyczne i inteligentne łańcuchy dostaw stają się podstawową formą integracji i kooperacji przedsiębiorstw⁵.

Oprócz serii wymienionych wykładów w ramach specjalności: systemy informatyczne w logistyce potrzebne są także zajęcia praktyczne w laboratorium komputerowym w zakresie korzystania ze standardowego systemu zintegrowanego, a ponadto wprowadzające w proces projektowania tego typu aplikacji.

1.1.10. Możliwości zatrudnienia

Zakłada się, że absolwenci specjalizacji: systemy informatyczne w logistyce zdobędą wiedzę wystarczającą do zajmowania stanowiska specjalisty ds. informatyki w procesach logistycznych. Ponadto blok przedmiotów ogólnouczeniowych daje im niezbędny zasób wiedzy do prowadzenia własnej działalności gospodarczej. Absolwenci w procesie rozwoju osobistego (dodatkowe szkolenia) będą mogli uzyskiwać uprawnienia do pracy na samodzielnych stanowiskach analitycznych, doradczych czy też decyzyjnych w różnych podmiotach gospodarczych lub jednostkach administracyjnych. Ukończenie tej specjalizacji przygotowuje absolwentów do pracy w przedsiębiorstwach logistycznych, transportowych oraz firmach spedycyjnych, które świadczą usługi logistyczne, w komórkach organizacyjnych firm odpowiedzialnych za infrastrukturę informatyczną.

Pozyskanie przez studentów wiedzy z zakresu funkcjonalności systemu *Business Intelligence* oraz statystyki i badań operacyjnych daje im podstawy do rozwiązywania zagadnień optymalizacyjnych odnośnie do przepływu towarów, materiałów oraz informacji w procesach logistycznych; ponadto, jeśli warunki na danej uczelni pozwalają, praktyczne opanowanie na stanowiskach komputerowych podstawowych modułów systemu zintegrowanego klasy ERP. Ułatwi to przyszłemu absolwentowi omawianej specjalizacji zatrudnienie w firmach wdrażających podobne systemy jako specjalisty ds. szkoleń, doradcy użytkownika na etapie analizy przedwdrożeńowej, projektanta koncepcji adaptacji typowego systemu według opcji użytkownika. Tak więc połączenie teorii i praktyki z zakresu logistyki oraz informatyki daje absolwentowi specjalizacji: systemy informatyczne w logistyce lub innych podobnych dodatkowe atuty na rynku pracy. Każda bowiem współczesna organizacja gospodarcza, prowadząca działalność z uwzględnieniem nowoczesnych koncepcji logistycznych, wyposażona

⁵ I. F e c h n e r, *Logistyka XXI wieku*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2013.

jest w sprzęt i oprogramowanie do obsługi zdalnej przez terminale swoich funkcjonalności.

Wracając do omawianej specjalizacji (systemy informatyczne w logistyce), od absolwenta oczekuje się określonej wiedzy, umiejętności i kompetencji społecznych. Z zakresu wiadomości absolwent:

- definiuje i zna terminologię związaną ze zintegrowanym systemem informatycznym wspomagającym zarządzanie przedsiębiorstwem;
- zna dziejowe procesy przekształceń i zmian, jakie przeszły systemy informatyczne po zintegrowane formy obecne;
- zna źródła informacji o zintegrowanych systemach informatycznych;
- zna pojęcia występujące w procesie wdrażania systemu zintegrowanego klasy ERP;
- umie określić strukturę i zawartość praktyczną analizy stanu istniejącego, a następnie koncepcji infrastruktury systemu na przykładzie przedsiębiorstwa, w którym pracuje;
- umie zastosować techniki komputerowe do ewidencjonowania zdarzeń gospodarczych i funkcji wspomagania procesów zarządzania w podstawowych obszarach funkcjonalnych;
- zna metodologię i potrafi pokierować zespołem wdrożeniowym typowego zintegrowanego systemu standardowego.

Absolwent posiada umiejętności w zakresie:

- oceny ofert producentów oprogramowania i potrafi zaproponować wstępnie strukturę adekwatnego dla konkretnego przedsiębiorstwa zintegrowanego wielomodułowego systemu informatycznego;
- analizowania istniejącego, lecz już przestarzałego systemu logistycznego i potrafi w ramach zespołu wdrożeniowego wprowadzić w jego miejsce nowoczesny system zintegrowany klasy ERP;
- opracowania analizy przedwdrożeniowej, a następnie koncepcji systemu na potrzeby danego obiektu;
- prowadzenia szkoleń użytkowników;
- kierowania lub współuczestnictwa w pracach głównego zespołu wdrożeniowego;
- oceny i odbioru etapów wdrażanego systemu zintegrowanego klasy ERP według metodyki zalecanej przez producenta oprogramowania;
- współprojektowania formularzy dokumentów elektronicznych oraz raportów według wymagań pracowników na stanowiskach branżowych.

Absolwent opisywanej specjalizacji jest:

- kompetentny w środowisku wdrożonych systemów klasy ERP danej branży i potrafi wyjaśnić zalety tych systemów pracownikom przedsiębiorstwa;

- świadomy potrzeby doskonalenia systemu informatycznego przez wspomaganie jego funkcjonalności nowoczesnymi modułami systemu informatycznego zarządzania z terminalami mobilnymi;
- aktywny w interpretowaniu wyników uzyskanych z analizy stanu istniejącego systemu informatycznego;
- zaangażowany w wyborze pakietu standardowego oraz w formułowaniu harmonogramu wdrażania poszczególnych modułów programowych i instalacji konfiguracji sieciowej.

1.2. Planowanie potrzeb zasobów przedsiębiorstwa

1.2.1. MRP – zakres merytoryczny bloków tematycznych

1.2.1.1. Cele

Podstawowe cele realizowane w ramach przedmiotu MRP (*Material Requirement Planning*) są następujące⁶:

- zapoznanie się z budową bazy danych BOM (*Bill of Material*) w zakresie technicznego przygotowania produkcji;
- poznanie generacji systemów informatycznych klasy MRP;
- poznanie metodologii tworzenia i klasyfikowania systemów MRP;
- poznanie funkcjonalności systemu opartego na metodologii MRP na przykładzie wdrażanych systemów aplikacji obiektowych, np. PRODIS, Comarch ERP Optima moduł „Produkcja”;
- zapoznanie się z kroczącym planowaniem produkcji podstawowej przedsiębiorstwa uwzględniającym popyt, podaż oraz poziomy zapasów w magazynie wysokiego składowania.

Planowanie produkcji podstawowej przedsiębiorstwa w formie zintegrowanej wymaga systemu informatycznego prognozującego popyt na produkty firmy. Informacja ta jest podstawą rozwinięcia potrzeb na poszczególne komponenty wchodzące do wyrobów lub części zamiennych. Poprzedzona jednak musi być zbudowaniem bazy danych, obejmującej zbiory wynikające z metodologii BOM. Baza ta obejmuje kartoteki główne i zbiory łańcuchowe. Trzeba tu wymienić przede wszystkim kartotekę rodzajową, zawierającą dane o: materiałach do produkcji detali, elementach z kooperacji niezbędnych w procesie montażu podzespołów, zespołów oraz wyrobów finalnych, częściach zamiennych do produkowanego asortymentu wyrobów. Kolejną kartoteką z obszaru technologicznego jest kartoteka jednorodnych stanowisk pracy, na których wykonywane będą pla-

⁶ Podrozdział ten oparty jest na opracowanym przez autora opisie i prezentacji w Power Point 2010 planowania potrzeb materiałowych (*Material Requirement Planning – MRP II*) objętego programem: „Wzmocnienie potencjału dydaktycznego Uczelni w obszarach kluczowych w kontekście celów Strategia Europa 2020” (Priorytet 4., Działanie 4.3) współfinansowanym ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego oraz z budżetu państwa.

nowane elementy. Spośród zbiorów łańcuchowych dominujący jest zbiór strukturalny. W połączeniu z kartoteką rodzajową umożliwia sporządzenie specyfikacji rozwinięcia lub zwinięcia wytwarzanego produktu w układzie według: jednego poziomu, wszystkich poziomów złożenia danego produktu własnego, sumarycznej, pokazującej rodzajowe zbilansowane ilości komponentów do danego produktu.

Zbiór technologiczny zawiera normy czasowe detalooperacji lub operacji montażowych. Poprzez adresowanie identyfikatorów połączony jest z kartoteką rodzajową oraz kartoteka stanowisk roboczych. W ramach wykładów z przedmiotu MRP, w tym w szczególności z MRP II, przedstawiona zostanie budowa rekordów zarówno kartoteki rodzajowej, stanowisk roboczych, jak i zbiorów łańcuchowych zwanych niekiedy także kartotekami. Ma to pokazać złożony mechanizm sporządzania zestawień potrzeb materiałowych i kooperacyjnych w celu komputerowego wygenerowania zamówień w komórce zaopatrzenia. Trzeba dodać, że baza danych typu BOM może być jeszcze rozszerzona o narzędzia handlowe, jak i pomoce warsztatowe specjalne. Plan brutto potrzeb materiałowych od dostawców bazuje na rozwinięciach według wszystkich poziomów. Pozwala to na rozłożenie w czasie dostaw komponentów do produktów własnych.

1.2.1.2. Bloki tematyczne

Na przestrzeni minionego czasu idea MRP przeszła kolejne metodologiczne generacje precyzujące wymagania organizacyjne, jak i informatyczne. Planowanie potrzeb na zasoby zmierza jednak do skonstruowania planu netto, który uwzględniałby stan zapasów komponentów w magazynach branżowych firmy. Przyjmowanie kolejnych zamówień na wyroby lub części zamienne poprzedzone jest także sprawdzeniem stanu posiadania produktów własnych w magazynach zbytu oraz części zamiennych. Zagadnienie to jest szczególnie widoczne w przedsiębiorstwach produkujących wyroby o strukturach wielopoziomowych, np. samochody osobowe, autobusy, samochody ciężarowe, maszyny i urządzenia budowlane itp. Oprócz warstwy teoretycznej w ramach tematyki MRP prezentowane są przykładowe wdrożone systemy w odniesieniu do dużego przedsiębiorstwa, jak też firmy średniej wielkości. Program nauczania przedmiotu uściślonego do wersji MRP II zawiera osiem bloków tematycznych⁷:

1. Obszary organizacyjne i moduły informatyczne wspomagające prace konstrukcyjne, technologiczne, oprzyrządowania, zaopatrzenia materiałowego oraz planowania zleceń produkcyjnych.

⁷ Ibidem.

2. Budowa i potrzeba optymalizacji wielkości partii zamówień na materiały oraz elementy kooperowane i formułowanie zleceń produkcyjnych, uwzględniających stany posiadania komponentów w magazynach.

3. Struktury rekordów zbiorów tworzących technologiczno-produkcyjną bazę danych, niezbędną do kroczącego planowania produkcji podstawowej.

4. Funkcjonalność systemów klasy MRP kolejnych generacji obejmujących coraz szerszy zakres zasobów niezbędnych w sferze wytwarzania wyrobów finalnych oraz części zamiennych.

5. Ćwiczenia z zakresu kroczącego planowania produkcji podstawowej, uwzględniające, oprócz zapasów, także stan produkcji w toku przy przyjmowaniu nowych zamówień.

6. Ćwiczenia budowy rekordów bazy danych według BOM jako podstawy zintegrowanego systemu informatycznego klasy MRP.

7. Zaprezentowanie aplikacji standardowych systemów informatycznych, których trzonem jest MRP, zbudowany według metodologii APICS.

8. Omówienie struktur hierarchicznych poszczególnych podsystemów branżowych zintegrowanego systemu obiektowego, stanowiących otoczenie bazy danych produkcji podstawowej na przykładzie systemu PRODIS.

Blok pierwszy stanowi wprowadzenie do problematyki planowania potrzeb zasobów produkcyjnych. Pokazuje prace konstruktorów na specjalizowanym sprzęcie informatycznym do tworzenia grafiki rysunków, w tym trójwymiarowej. Wytwory ich pracy, zwłaszcza wykazy kompletacyjne podzespołów, zespołów, wyrobów gotowych stanowią podstawę do normowania potrzeb materiałowych, opracowania kart technologicznych oraz obliczenia norm czasowych wykonania poszczególnych operacji obróbki oraz montażu. Rozszerzeniem pracy technologów jest dołożenie koniecznych narzędzi, zaprojektowanie oprzyrządowania, opiniowanie zakupu niezbędnych maszyn i urządzeń do poprawy efektywności procesu produkcyjnego. Wytworem końcowym jest dokumentacja warsztatowa oparta na kartach technologicznych i zaplanowanych zleceniach produkcyjnych.

W pierwszym bloku przedstawione zostaną obszary informacji budowanej bazy danych BOM w ramach systemu MRP kolejnej generacji. W drugim bloku położono nacisk na potrzebę optymalizacji wielkości zleceń produkcyjnych oraz partii zamówień handlowych u dostawców, aby zachowana była płynność środków finansowych na kontynuację uruchomionych zleceń. Istotny jest taki podział na partie zleceniowe, który nie spowodowałby nadmiernego zamrożenia kapitału. Zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania, oprócz podstawowej aplikacji programowej, także narzędzi pomocniczych, np. arkusza kalkulacyjnego Excel, systemu WinQSB oraz

ogólnie dostępnego w internecie programu R w szacowaniu partii zleceń. Na przykładzie wdrożonego systemu informatycznego, a w szczególności obszaru MRP, w ramach trzeciego bloku przeanalizowana będzie budowa typowych rekordów bazy danych technologicznych oraz jej rozszerzenia o dane z zaopatrzenia i realizacji produkcji w toku. Jest to pretekst do własnego zaprojektowania przez studentów takiej bazy danych, aby spełniała wymagania systemów eksploatowanych w ich miejscach pracy.

Zrozumienie wzajemnej współpracy modułów programowych w ramach zintegrowanego systemu informatycznego sfery technologii, produkcji, zaopatrzenia i zbytu jest bardzo istotne. Wymaga poznania funkcjonalności systemów MRP kolejnych generacji i dlatego temu poświęcony jest czwarty blok wykładów z przedmiotu MRP. Blok piąty to studium przypadku planowania produkcji podstawowej w przykładowym przedsiębiorstwie produkującym elementy i montującym np. samochody ciężarowe. Pokazany zostanie obszar zależności i utrudnień, jakie występują w poprawnym sformułowaniu kroczącego planu produkcji podstawowej na kolejny dzień roboczy. Utrudnieniem są „wąskie gardła”, czyli stanowiska pracy o zbyt małej przepustowości, braki siły roboczej, awarie, przestoje, konieczność wprowadzenia technologii alternatywnej, gdy z różnych względów wykonawstwo na oprzyrządowaniu jest niemożliwe. Bliższe poznanie systemu klasy MRP, a tym wersji MRP II w zakresie organizacji zbiorów, występuje w bloku szóstym, gdy modeluje się zawartość informacyjną poszczególnych kartotek głównych i zbiorów łańcuchowych. Wyjaśnia się na czym polega korzystanie z rozwinięć i zwinięć struktur wyrobów, aby przybliżyć się do realizacji koncepcji *Just-in-time* w procesie planowania, realizacji i analizowania przebiegu procesu produkcyjnego. Blok siódmy stanowi studium przypadku wdrożonych systemów zintegrowanych. Umożliwia poznanie różnych sposobów obsługi informatycznej obszaru „Produkcja”, na odmiennych platformach hardwarowych, softwarowych i sieciach terminalowych.

Kolejny, a jednocześnie ostatni blok tematyczny wykładów MRP koncentruje się na hierarchicznej strukturze poszczególnych podsystemów, które dopełniają podsystem produkcji podstawowej przedsiębiorstwa. Ukazano podział na moduły i jednostki przetwarzania, omówiono wymagania wobec sieci informatycznej, by umożliwiała ona sprawną komunikację międzymodułową, korzystanie z poczty elektronicznej, a także sięganie do wydzielonych jednostek przetwarzania systemów naszych kontrahentów. Podstawowe cele kształcenia w ramach przedmiotu MRP II są następujące:

1. Poznanie i formułowanie integracji informatycznej obszaru projektowania wyrobów, sterowania zapasami, doboru wielkości zleceń warsztatowych i zaopatrzeniowych oraz skompletowania dokumentacji warsztatowej.

2. Budowanie struktur zbiorów bazy danych zaspokajającej kroczącej planowanie produkcji podstawowej.

3. Poznanie rozwiązań różnych aplikacji z dominującym systemem MRP dla różnych sektorów gospodarki.

1.2.1.3. Zarządzanie z zastosowaniem koncepcji MRP

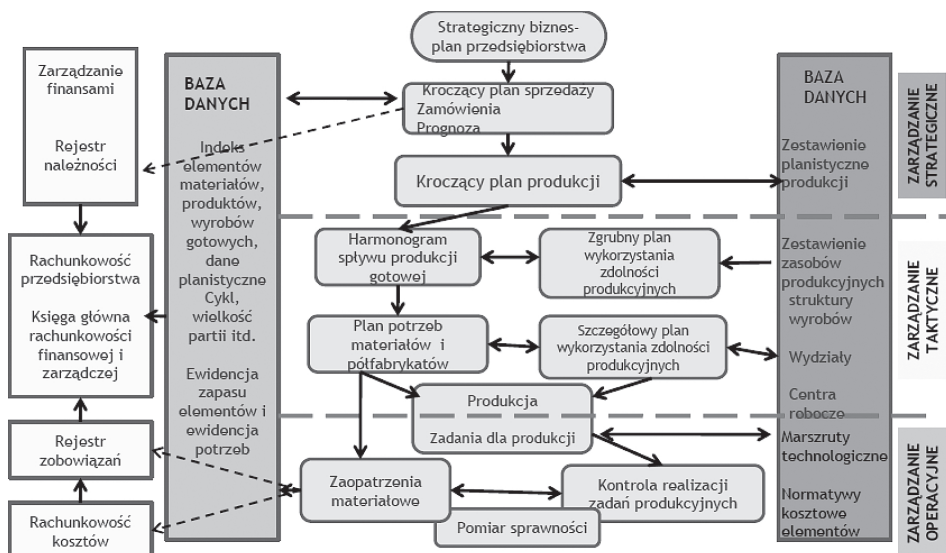
Funkcjonalność i narzędzia przykładowego systemu w przedsiębiorstwie przemysłu motoryzacyjnego pracującego na podstawie koncepcji MRP w obszarze zarządzania produkcją podstawową obejmuje⁸: pakiet PRODIS, bazę danych produkcji ADABAS „C”, system monitorów ekranowych CISC, obsługujący wiele terminali. Moduły eksploatowane w ramach PRODIS są następujące: „Struktura produkcyjna i technologie wykonania produktów”, „Sprzedaż”, „Planowanie długoterminowe”, „Zakupy”, „Planowanie i kontrola realizacji produkcji”, „Koszt produktów”. W pakiecie PRODIS program MRP krocząco planuje zlecenia produkcyjne, uwzględniając istniejące zamówienia klientów, stany magazynowe, zarówno branżowe, jak i wyrobów gotowych, a także zamówienia na materiały, części zamienne, otwarte zlecenia wewnętrzne na półfabrykaty własne.

PRODIS zasilany jest z lokalnego sieciowego systemu PDM pracującego na bazie danych technicznego przygotowania produkcji ADABAS „D”. System ten pobiera dane z wykazów komplekcyjnych konstrukcyjnych w formie plików elektronicznych z systemu CAD.

Praca konstruktorów wyrobów, oprzyrządowania, technologów wspomagana jest technikami CAD/CAM. Wykorzystano pakiety I-IDEAS, Expert CAD, LINGAGE w sieciach wewnętrznych systemu UNIX.

System PDM – w zakresie aktualizacji struktur i technologii wyrobów – współpracuje z bazą PRODIS z zastosowaniem programu konwersji. Początkowo obowiązywała zasada wzajemnego przekazywania plików tekstowych przy użyciu programu Word, a plików tablicowych – z arkusza kalkulacyjnego Excel. MRP ma powiązanie z systemem zarządzania przedsiębiorstwem i obejmuje wszystkie dziedziny działalności firmy, które łączą się w jedną całość, oraz kierują się jednym celem. Tak więc PRODIS oraz systemy i sprzęt towarzyszący wspomaga zarządzanie złożonym procesem, jakim jest produkcja samochodów (ryc. 1.2.1).

⁸Nazwy firmy nie podano, gdyż sama firma jak i przedstawione ramowo rozwiązanie informacyjne uległo znacznej zmianie w wyniku procesu jej restrukturyzacji.



Źródło: M. Makuchowski, *Komputerowe wspomaganie zarządzania. Systemy informatyczne APICS*, Politechnika Wroclawska [http://mariusz.makuchowski.staff.iiar.pwr.wroc.pl/download/courses/komputerowe.wspomaganie.zarzadzania/wyk.slajdy/wyk03.apics.pdf].

Ryc. 1.2.1. Powiązania obszarów systemu MRP II z systemem zarządzania przedsiębiorstwa

Systemy MRP II występują w trzech formach⁹:

- 1) minimalnej, obejmującej: planowanie sprzedaży i potrzebnych zasobów, zarządzanie popytem, planowanie potrzebnych zasobów, wstępne planowanie zdolności produkcyjnych, połączenia do modułów finansowych;
- 2) rozwiniętej, dochodzą moduły: harmonogramowanie sływu produkcji, zarządzanie stanowiskiem roboczym, planowanie zasobów dystrybucyjnych, zarządzanie pomocami warsztatowymi, moduły pomiaru i symulacji;
- 3) zaawansowanej, obejmującej dodatkowo: zarządzanie zmianami konstrukcyjnymi i technologicznymi, integrację z systemami CAD/CAM, zarządzanie remontami, jakością, serwisem, dystrybucją, rachunkowość zarządczą, kontroling, generowanie raportów, zarządzanie strumieniami środków płatniczych, multimedia, przeglądarki baz danych.

Warto teraz wyszczególnić systemy informatyczne opracowane według standardu APICS (American Production & Inventory Control Society). Jest to amerykańskie stowarzyszenie sterowania produkcją i zapasami zajmujące się standaryzacją metod sterowania produkcją znanych przede wszystkim jako MRP i MRP II. Organizacja ta od ponad 50 lat rozwija wiedzę

⁹P. Adamczewski, *Informatyczne wspomaganie łańcucha logistycznego*, Akademia Ekonomiczna, Poznań 2001.

z zakresu efektywności zarządzania produkcją, zapasami i zasobami produkcyjnymi, a podstawowe standardy APICS są następujące:

IC (*Inventory Control*) – sterowanie zapasami;

MRP, określane także jako MRP I (*Material Requirement Planning*) – planowanie potrzeb materiałowych;

CL-MRP (*Closed Loop MRP*) – planowanie potrzeb materiałowych i zdolności produkcyjnej;

MRP II (*Manufacturing Resources Planning*) – planowanie zasobów produkcyjnych;

MRP III, czyli ERP (*Enterprise Resource Planning*) – planowanie zasobów przedsiębiorstwa; włączono systemy doradcze z bazami wiedzy;

ERP II, to rozwinięta forma ERP – poszerzona o technologię mobilną oraz współpracę z otoczeniem, w tym poprzez internet.

Wymienię teraz przykładowe etapy harmonogramu oraz czasy szacunkowe wdrażania systemu klasy MRP II w małym przedsiębiorstwie:

1. Przygotowanie firmy do zarządzania w warunkach stosowania systemu komputerowego oraz planowania procesu wdrożeniowego (1. miesiąc).

2. Określenie zamierzeń oraz wyznaczenie celów komputeryzacji przedsiębiorstwa i wytypowanie poszczególnych modułów do systemu do wdrażania (2. miesiąc).

3. Szkolenie zespołu wdrożeniowego w zakresie zasad MRP II i znajomości modułów składających się na *Closed Loop MRP II* (2.–4. miesiąc).

4. Inwentaryzacja obecnego otoczenia organizacyjnego, wybór użytkowników, zaprojektowanie przyszłego otoczenia systemu (3.–6. miesiąc).

5. Projektowanie systemu informowania kierownictwa w powiązaniu z modułami MRP II, projektowanie konfiguracji sprzętowej i programowej (5.–6. miesiąc).

6. Instalowanie komputerów, sieci, stacji roboczych lub terminali, systemu operacyjnego, oprogramowania MRP II (6.–9. miesiąc).

7. Szkolenie pracowników na podstawie opracowanego do danego obiektu prototypu systemu (9.–12. miesiąc).

8. Sukcesywne dostosowanie modułów systemu do codziennej działalności przedsiębiorstwa i zastąpienie dotychczasowego systemu (12.–15. miesiąc).

9. Przeprowadzenie konwersji zasobów danych i sukcesywne wdrażanie *Closed Loop MRP II* (15.–18. miesiąc).

10. Rozszerzenie stopnia przetwarzania do pełnego zakresu MRP II (18.–24. miesiąc).

11. Przegląd rozwiązań po wdrożeniu i przeprowadzenie ewentualnych zmian (20.–26. miesiąc).

Był to tylko zarys problematyki systemów, w tym MRP. Głębszą wiedzę, zarówno co do projektowania, jak i wdrażania tej klasy rozwiązań, możemy pozyskać po zapoznaniu się z przykładami wdrożeń sygnalizowanymi w internecie. Dotyczą one między innymi aplikacji standardowych: Vendo ERP – moduł „Produkcja”, Enterprise – system klasy ERP dla średnich i dużych firm, ERP SyKOF, Impuls EVO, Maestro MRPII.

Wykłady z MRP II mają pokazać złożony mechanizm sporządzania zestawień potrzeb materiałowych i kooperacyjnych w celu komputerowego wygenerowania zamówień dla zaopatrzenia. Trzeba tu dodać, że baza danych typu BOM może być jeszcze rozszerzona o narzędzia handlowe, jak i specjalne pomoce warsztatowe. Jak już wspomniano, plan brutto potrzeb materiałowych od dostawców opiera się na rozwinięciach według wszystkich poziomów, aby dostarczyć komponenty na czas na stanowiska obróbki lub montażu. Planowanie potrzeb na zasoby zmierza do skonstruowania planu netto, który uwzględniałby stan zapasów komponentów w magazynach branżowych firmy. Przyjmowanie kolejnych zamówień na wyroby lub części zamiennie poprzedzone jest także sprawdzeniem stanu posiadania produktów własnych w magazynie zbytu oraz magazynie części zamiennych. Zagadnienie to jest szczególnie widoczne w przedsiębiorstwach produkujących wyroby o strukturach wielopoziomowych.

Oprócz warstwy teoretycznej na wykładach przedmiotu MRP II prezentowane powinny być przykładowe wdrożone systemy informatyczne w dużym przedsiębiorstwie, jak też firmie średniej wielkości. Ćwiczenia z zakresu kroczącego planowania produkcji podstawowej uwzględniać powinny, oprócz algorytmów kontroli stanów zapasów, także stany produkcji w toku. Aby zrozumieć rolę systemu klasy MRP, należy ukazać podział na moduły i jednostki przetwarzania. Omówić trzeba wymagania wobec sieci informatycznej, by umożliwiała ona sprawną komunikację międzymodułową, korzystanie z poczty elektronicznej, a także sięganie do wydzielonych jednostek przetwarzania systemów naszych kontrahentów.

1.2.2. System klasy MRP i jego otoczenie¹⁰

System planowania zapotrzebowania materiałowego i zasobów scharakteryzowano pokrótce w poprzednich częściach opracowania. Jak wspomnia-

¹⁰Przy opracowaniu tej części skorzystano z literatury pomocniczej: A. Nowicki, *Komputerowe wspomaganie biznesu*, Warszawa 2006; K. Kułła (red.), *Badania operacyjne w przykładach i zadaniach*, Warszawa 2004; R. Kosała, *Komputerowe wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem – nowe metody i systemy*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013; Z. Klonski, *Systemy informatyczne zarządzania przedsiębiorstwem. Modele rozwoju i właściwości funkcjonalne*, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2004; M. Fertsch, K. Grzybowska, A. Stachowiak, *Logistyka i zarządzanie produkcją – nowe wyzwania i odległe granice*, Politechnika Poznańska, Poznań 2007.

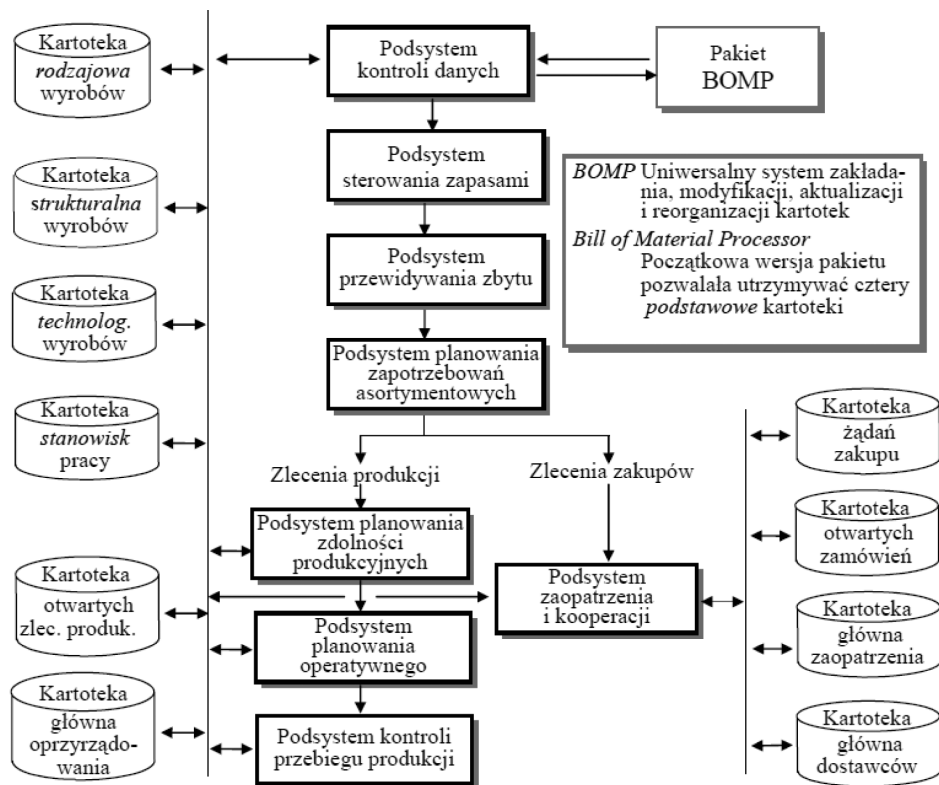
no, MRP krocząco planuje zlecenia produkcyjne, uwzględniając wszystkie niezbędne czynności. Pakiet PRODIS w systemie MRP sprawnie wspomaga pracę branżystów pracujących w sieci mikrokomputerowej NOVELL. Sprawy kadrowo-płacowe prowadzone są właśnie w mikrokomputerowej sieci lokalnej NOVELL w pakiecie PERSONAL, w którym funkcjonuje automatyczna rejestracja i rozliczenie czasu pracy przez wejścia z czytników zegarowych w obiektach ośrodka informatyki i biurowcu zarządu przedsiębiorstwa. Oprócz obliczania wynagrodzeń, system obejmuje także emerytury i sprawy socjalne. Eksploatowany system finansowo-księgowy w sieci mikrokomputerowej NOVELL w pakiecie YUMA obejmuje takie zagadnienia (moduły) jak: „Księga główna”, „Zobowiązania”, „Należności”, „Środki trwałe”, „Koszty”, „Budżetowanie”, „Controlling”, „Wewnętrzny system informowania kierownictwa”.

W latach 2000. w przedsiębiorstwie zainstalowano ponad 300 mikrokomputerów klasy IBM/PC. Pojedyncze stanowiska mikrokomputerowe usprawniają pracę w: służbie marketingu, serwisie, służbie utrzymania ruchu, gospodarce narzędziowej, nadzorze zakładów produkcyjnych, dziale szkolenia pracowników. W omawianym okresie w przedsiębiorstwie działa integracja systemów, czyli sieć intranet. Bazuje ona na sieci światłowodowej oraz sprzęcie informatycznym dającym możliwości:

- wymiany danych między różnymi platformami sprzętowymi (*mainframe* – duży komputer, NOVELL, UNIX);
- korzystania z poczty elektronicznej;
- pracy grupowej z użyciem programu Group Wise;
- wyjścia do globalnej sieci globalnej internet.

System wersji MRP II obejmuje wszystkie dziedziny działalności firmy, które łączą się w jedną całość i kierują się jednym celem. System ten ma umożliwiać wspomaganie zarządzania na wszystkich jego szczeblach. Jak już wspomniano, systemy MRP II posiadają trzy formy¹¹. Przykładem początkowego rozwiązania systemu informatycznego, który osiągnął standard zbliżony do MRP II, był pakiet PICS (*Production Information and Control System*) służący do przygotowania, planowania i kierowania przebiegiem produkcji (ryc. 1.2.2).

¹¹ P. A d a m c z e w s k i, *Informatyczne wspomaganie łańcucha logistycznego...*, op.cit.



Źródło: Z. Klonowski [klonowski_systemy_informatyczne.pdf] (rys. 3.7. Struktura pakietu PICS oraz wybrane zbiory bazy danych).

Ryc. 1.2.2. Podsystemy oraz podstawowe zbiory zarządzania produkcją

1.2.3. Standardy sterowania produkcją¹²

Systemy informatyczne opracowywane są według wspomnianych już standardów APICS. Organizacja ta zajmuje się standaryzacją metod sterowania produkcją, a w tym rozwiązań MRP i MRP II oraz dalszych. Podstawowymi standardami w ujęciu chronologicznym są: MRP, CL-MRP, MRP II, ERP.

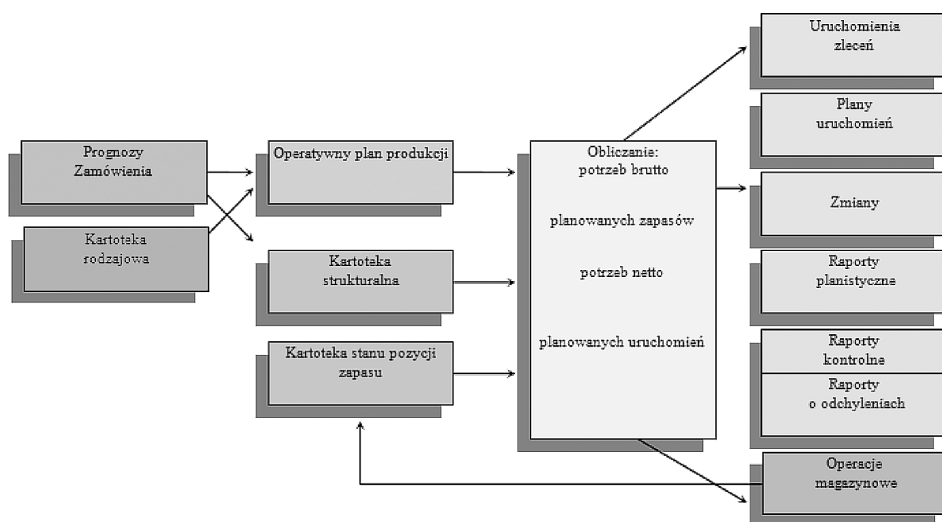
Wymienione podstawowe standardy poprzedzane były niekiedy etapami pośrednimi, jednak, historycznie biorąc, zapoczątkowane były systemami sterowania zapasami magazynowymi (IC – *Inventory Control*), a następnie

¹² M. Makuchowski, *Komputerowe wspomaganie zarządzania: Systemy informatyczne APIS*, Politechnika Wroclawska [<http://mariusz.makuchowski.staff.iiair.pwr.wroc.pl/download/courses/komputerowe.wspomaganie.zarzadzania/wyk.slajdy/wyk03.apics.pdf>].

formułowano dokumentację następujących standardów stanowiących etapy rozwoju:

- 1960 – MRP (MRP I),
- 1970 – MRP CLOSED LOOP,
- 1980 – MRP II,
- 1990 – ERP (MRP III),
- 2000 – ERP II.

System planowania potrzeb materiałowych MRP I rozpowszechniono w połowie lat 60. MRP jest metodą zarządzania produkcją i zapasami produkcyjnymi wyprzedzającego ustalania rodzaju i wielkości zadań dla komórek produkcyjnych przedsiębiorstwa. Od połowy lat 60. ubiegłego stulecia stopniowo wzrastała liczba przedsiębiorstw stosujących systemy MRP, a do tego czasu dominował w organizacji produkcji system odnawiania zapasu w toku robót. Polegało to na obserwacji poziomu zapasów aż do osiągnięcia określonego poziomu, który z kolei powodował uruchomienie nowych zleceń produkcyjnych lub zaopatrzeniowych (*Recorder Point*). MRP to dużo doskonalsza metoda, która pozwoliła na obniżenie wielkości zapasów przez dekompozycję planu produkcji wyrobów w plan potrzeb elementów składowych wytwarzanych i nabywanych. Ogólny schemat wejść i wyjść informatycznego systemu MRP I pokazano na rycinie 1.2.3.



Źródło: M. Makuchowski, *Komputerowe wspomaganie zarządzania. Systemy informatyczne APICS*, Politechnika Wroclawska [<http://mariusz.makuchowski.staff.iia.pwr.wroc.pl/download/courses/komputerowe.wspomaganie.zarzadzania/wyk.slajdy/wyk03.apics.pdf>].

Ryc. 1.2.3. Ogólny model wejścia/wyjścia MRP I

W systemach typu MRP I plan produkcji wyrobów finalnych opracowywany był manualnie i w jego ramach występowały podsystemy:

1. MRP (*Material Requirement Planning*) – planowanie potrzeb materiałowych. Obejmuje następujące funkcje:

- wyznacza popyt niezależny na półprodukty i materiały bezpośrednio produkcyjne;
- wyznacza zapotrzebowanie netto;
- rozwija zapotrzebowania oparte na BOM;
- przygotowuje zlecenia produkcyjne i zaopatrzeniowe na półprodukty i materiały wyjściowe.

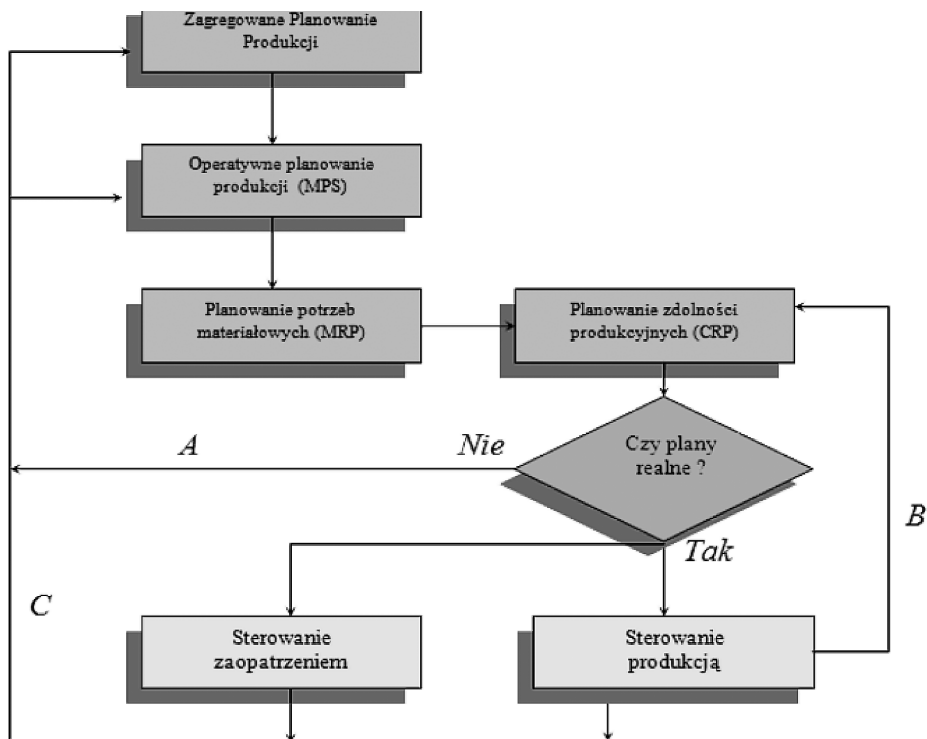
2. INV (*Inventory Transaction Subsystem*) – podsystem transakcji strumienia materiałowego; ewidencjonuje strumienie zasobów, tj.:

- rejestruje transakcje realizowane m.in. w magazynach, tj. przyjęcia i wydania;
- rejestruje zapotrzebowania i rezerwuje zasoby na zlecenia produkcyjne i sprzedaży;
- identyfikuje i śledzi przepływy pozycji ewidencyjnych (jednostek i partii: surowców, półfabrykatów, wyrobów gotowych);
- oblicza stany zapasów i ich zużycia w różnych przekrojach;
- obsługuje inwentaryzację.

3. BOM (*Bill of Material Subsystem*) – skład konstrukcyjny produktu, w tym kartoteka strukturalna wyrobów. W kartotece rodzajowej zostają opisane określone materiały i wyroby. W kartotece strukturalnej wykazana jest specyfikacja przedmiotów złożonych, powstających w procesie montażu.

4. CL-MRP (*Closed Loop MRP*) – stanowi rozszerzeniem MRP I. Uwzględnione zostało sprzężenie zwrotne pomiędzy fazą planowania i sterowania, przez co osiągnięto planowanie potrzeb materiałowych i zdolności produkcyjnych, rozpatrując to jako pętlę procesu produkcyjnego. Dzięki temu sprzężeniu zwrotnemu można na bieżąco reagować na zmieniające się parametry produkcji.

W kolejnym etapie rozwoju *Closed Loop MRP* zostało w całości wchłonięte przez nową generację, czyli MRP II. Systemy te wymagają dodatkowo, w porównaniu do typu MRP I: opisów procesów produkcyjnych, danych o dysponowanej zdolności produkcyjnej, danych o dostawcach i kooperantach. Obsługują dodatkowo funkcje planowania wykonawczego produkcji w formie: głównego harmonogramu produkcji (MPS), planowania potrzebnej zdolności produkcyjnej (CRP), obsługi zaopatrzenia (PUR), zarządzania warsztatem produkcyjnym (SFC) – ryc. 1.2.4.



Źródło: M. Makuchowski, *Komputerowe wspomaganie zarządzania. Systemy informacyjne APICS*, Politechnika Wroclawska [<http://mariusz.makuchowski.staff.iiar.pwr.wroc.pl/download/courses/komputerowe.wspomaganie.zarządzania/wyk.slajdy/wyk03.apics.pdf>].

Ryc. 1.2.4. Powiązanie modułów MPS, MRP i CRP

Najważniejszym rozwiązaniem w standardzie klasy MRP jest pętla sprzężenia zwrotnego pomiędzy fazą planowania i sterowania, przy czym zostały zastosowane trzy pętle sprzężenia zwrotnego:

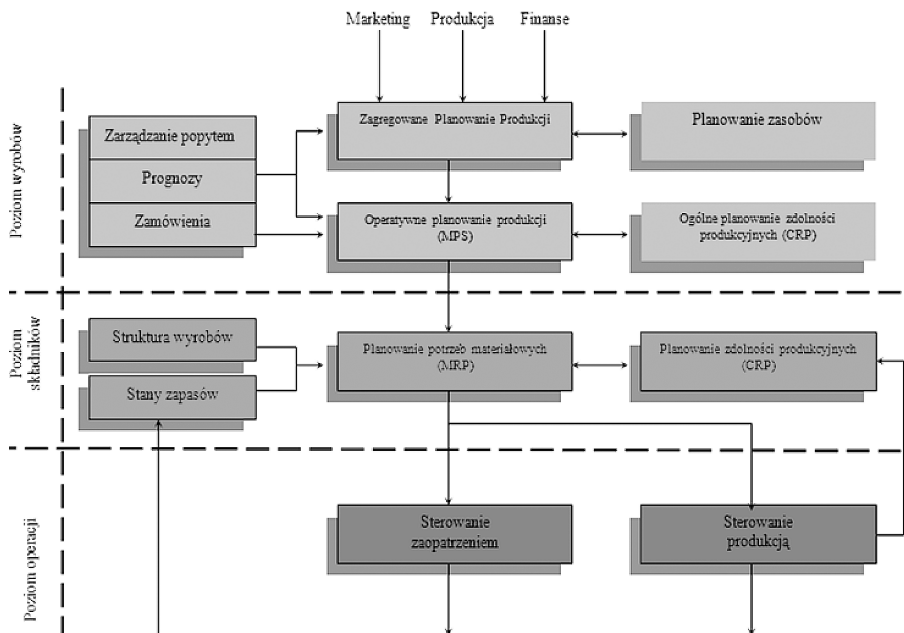
1. Harmonizacji terminów realizacji zadań.
2. Kontroli zdolności produkcyjnych.
3. Kontroli wykonania zleceń.

Standardy dla systemu MRP II występują w dwóch formach: wcześniejsza – MRP II_m (wersja minimalna), ostateczna – MRP II_o.

MRP II wiąże się z rozbudową o elementy procesu sprzedaży i wspierające podejmowanie decyzji. Założenia MRP II są następujące:

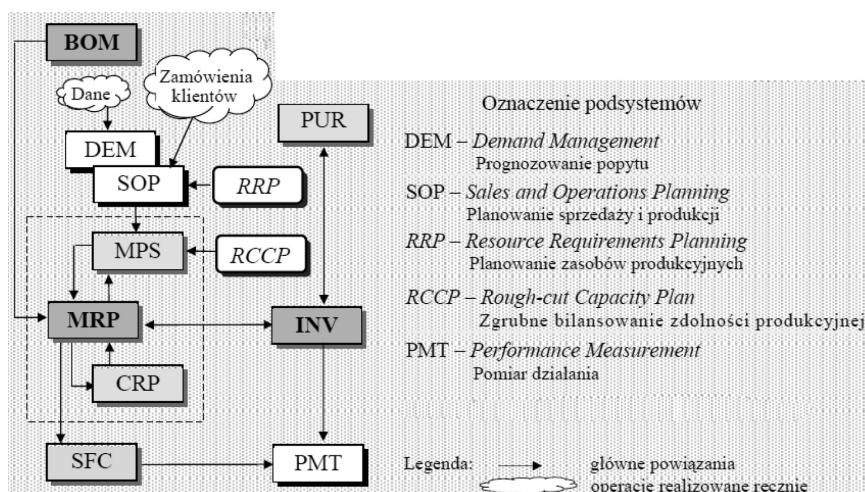
- kontrola zapasów;
- zabezpieczenie dostępności elementów składowych w żądanej ilości, miejscu i czasie;
- ustalanie priorytetów operacyjnych;
- kontrola wykorzystania zdolności produkcyjnej.

Elementy organizacyjne systemu MRP II, czyli w wersji minimalnej, przedstawiono na rycinie 1.2.5, a podsystemy na rycinie 1.2.6.



Źródło: M. Makuchowski, *Komputerowe wspomaganie zarządzania. Systemy informacyjne APICS*, Politechnika Wroclawska [http://mariusz.makuchowski.staff.iia.pwr.wroc.pl/download/courses/komputerowe.wspomaganie.zarzadzania/wyk.slajdy/wyk03.apics.pdf].

Rys. 1.2.5. MRP II – wersja minimalna



Źródło: Z. Klonowski [klonowski_systemy_informatyczne.pdf] (rys. 3.4. Ogólny model systemów typu CL-MRP) – internet.

Rys. 1.2.6. Podsystemy MRP II

System klasy MRP II według standardu APICS powinien spełniać następujące grupy funkcji¹³:

1. SOP (*Sales and Operation Planning*) – planowanie sprzedaży i produkcji.
2. DEM (*Demanand Managment*) – zarządzanie popytem.
3. MPS (*Master Production Scheduling*) – główne harmonogramowanie produkcji.
4. MRP (*Material Requirement Planning*) – planowanie potrzeb materiałowych.
5. BOM (*Bill of Material Subsystem*) – zestawienia materiałowe.
6. INV (*Inventory Transcation System*) – transakcje magazynowe.
7. SRS (*Scheduled Receipts Subsystem*) – sterowanie zleceniami.
8. SFC (*Shop Floor Control*) – monitoring i sterowanie produkcją.
9. CRP (*Capacity Requirement Planning*) – planowanie zdolności produkcyjnych.
10. I/OC (*Input/Output Control*) – sterowanie stanowiskiem roboczym.
11. PUR (*Purchasing*) – zakupy materiałowe i kooperacja biura.
12. DRP (*Distributed Resource Planning*) – zarządzanie zasobami rozproszonymi.
13. TPC (*Tooling Planning and Control*) – narzędzia i pomoce warsztatowe.
14. FPI (*Finnancial Planning Interface*) – interfejs modułu finansowego.
15. SIM (*Simulations*) – symulacje.
16. PMT (*Performance Measurement*) – pomiar wyników.

Doświadczenia zebrane na etapach wdrażania wersji minimalnej MRP pozwoliły na opracowanie rozszerzonego modelu funkcjonalnego i strukturalnego systemów informatycznych planowania zasobów wytwórczych, oznaczonego w skrócie jako MRP IIo.

W wersji MRP IIo dołączono trzy dalsze podsystemy: TP&C – gospodarka pomocami warsztatowym, SRS – podsystem harmonogramów spływu oraz I/OC – sterowanie we/wy na stanowiskach.

Na podstawie metodologii MRP II w kolejnych latach opracowano wiele komplementarnych oraz pochodnych w stosunku do niej metod:

- metoda ścieżki krytycznej CPM (*Critical Path Method*);
- dostawy *Just-in-time* i Kanban;
- technologia optymalizacji produkcji OPT (*Optimized Production Timetable*), tzw. koncepcja „wąskich gardeł”;
- planowanie zasobów dystrybucyjnych DRP (*Distribution Resource Planning*);
- TQM – (*Total Quality Management*) – zarządzanie przez jakość;
- *Workflow* – przepływy robocze.

Metody te były stopniowo włączane i utworzyły standard nazywany obecnie ERP – planowanie zasobów przedsiębiorstwa.

¹³ Ibidem, s. 37.

1.2.4. Przykłady aplikacji standardowych

Przedstawione zostaną przykłady systemów klasy MRP i wyższych występujące w internecie: Vendo ERP – moduł „Produkcja”, Enterprise – system klasy ERP dla średnich i dużych przedsiębiorstw, ERP SyKOF, Impuls EVO, Maestro MRP II.

Vendo ERP – moduł „Produkcja”

Moduł „Produkcja” w systemie Vendo ERP jest zestawem narzędzi do kompleksowego zarządzania produkcją – od wystawienia zlecenia, przez techniczne przygotowanie produkcji, harmonogramowanie, bieżącą rejestrację wykonania, rozliczanie, aż po raportowanie na potrzeby kadry zarządzającej¹⁴. Pozwala to monitorować proces realizacji zlecenia na każdym etapie. Elastyczność oprogramowania umożliwi projektowanie prostych przebiegów produkcyjnych, jak i bardzo skomplikowanych procesów technologicznych, dzięki czemu system może wspomagać zarówno produkcję jednostkową, jak i seryjną. Program jest ułatwieniem pracy dla działów technicznego przygotowania produkcji, dostarczając funkcji związanych z kalkulacją wyrobów, definiowaniem struktury konstrukcyjnej (tzw. BOM) oraz technologii produktu. Bogata funkcjonalność oraz możliwość integracji z systemami CAD przyczynia się do szybkiego i łatwego projektowania procesu produkcji.

Vendo umożliwia łatwe generowanie przewodników produkcyjnych (kart kontrolnych wyrobu) na podstawie zleceń produkcyjnych i kart technologicznych. System tworzy również harmonogramy produkcji, uwzględniające dostępność zasobów produkcyjnych. Rejestracja przebiegu produkcji (osób, czasu realizacji, materiałów) przez pracowników pozwala na bieżące monitorowanie zaawansowania zleceń oraz rzeczywistych kosztów produkcji. W ramach Vendo wyróżniamy podstawowe funkcje: definiowanie wielopoziomowej struktury wyrobu (BOM) – wyrób, podzespoły, elementy; Nielimitowana liczba poziomów struktury; jeden podzespół (element) może należeć do wielu wyrobów lub innych podzespołów. Ponadto występuje definiowanie technologii produktu obejmujące:

- operacje (marszruta), które muszą być wykonane; Vendo umożliwia tworzenie marszrut produkcyjnych liniowych oraz drzewiastych;
- tworzenie wariantów technologii oraz technologii alternatywnych z czasami technologicznymi;
- materiały i półprodukty niezbędne do wykonanie każdego etapu;
- maszyny i gniazda robocze.

System Vendo uwzględnia: kooperacje, zakładane braki na każdym etapie produkcji, charakterystykę i wymiary, podpinanie plików (rysunki, DTR), możliwość definiowania alternatywnych marszrut produkcyjnych; tworze-

¹⁴ Zagadnienie opracowano na podstawie [<http://www.cfi.pl/produkt/vendo/zarzadzanie-produkcja/>], dostęp: 7.11.2015.

nie kosztorysów wyrobów, wystawianie zleceń produkcyjnych, tworzenie podzleceń na brakujące półprodukty, prowadzenie kalendarza dostępności maszyn, harmonogramowanie produkcji; dodatkowo pozwala na: odwzorowanie produkcji wykresami Gantta, tworzenie przewodników produkcyjnych, umożliwiających bieżącą rejestrację na hali produkcyjnej, w tym:

- wykonanych operacji i ilości wykonanych produktów;
- czasu produkcji;
- pracowników wykonujących daną pracę;
- gniazd roboczych, na których wykonano produkcję;
- braków i odpadów produkcyjnych.

Do cennych funkcjonalności systemu Vendo ERP zaliczyć należy:

- bieżącą rejestrację realizacji produkcji czytnikami kodów kreskowych;
- drukowanie kodów kreskowych na przewodnikach;
- drukowanie etykiet, obsługę drukarek i czytników kodów kreskowych;
- wydanie materiałów i półproduktów na produkcję oraz przyjmowanie

wyrobów gotowych i półproduktów w ramach zlecenia i przewodnika produkcyjnego;

- obsługę kooperacji;
- obsługę zamienników w procesie produkcji;
- rozliczenie produkcji;
- zamówienia do dostawców surowców na podstawie planów produkcji

i receptur;

- planowanie potrzeb materiałowych oparte na zaawansowanych funkcjach rezerwacji, raportach produkcji;

- raporty wydajności pracowników i maszyn;
- produkcji w toku;
- integracji z systemami zarządzania jakością.

Enterprise

Enterprise to system klasy ERP dla średnich i dużych przedsiębiorstw¹⁵. Z założenia w Enterprise zainstalowano moduły obsługi księgowości, składania ofert i zamówień, zarządzania magazynami, produkcją. Dodatkowo można uruchomić funkcje wspomagania zarządzania relacjami z klientami (CRM), e-mail, zarządzanie dokumentami, kalendarz, graficzne planowanie zasobów, tablice ogłoszeń. Poza typowymi dla systemów ERP i CRM rozwiązaniami oprogramowanie Enterprise oferuje moduły „Logistyka” i „Magazyn”, dostęp do systemu przez telefon komórkowy i WAN.

Enterprise pracuje na bazach danych MS SQL i Oracle. Zawiera *web shop* i portal korporacyjny oraz *Cloud Services* (usługi internetowe). Oprogramowanie HansaWorld może pracować na wszystkich wiodących platformach: Windows, Mac, Linux oraz IBM, PDA i telefonach Nokia. Umożliwia wprowadzanie walut obcych, a także konsolidację danych

¹⁵ [http://www.hansaworld.com/products/enterprise], dostęp: 7.11.2015.

z wielu firm. Na oprogramowaniu HansaWorld pracuje ponad 75 000 firm na całym świecie, przy czym z systemu korzystają setki użytkowników równoczesnych.

ERP SyKOF

Dzięki systemowi ERP SyKOF przez moduły „Produkcja”, „Gospodarka magazynowa”, „Zamówienia”, „Zaopatrzenie” możemy nadzorować wielkość stanów magazynowych wyrobów, towarów, materiałów oraz sprawnie planować ich produkcję i dostawy¹⁶. ERP SyKOF na podstawie danych historycznych o sprzedaży oraz produkcji określa ilość materiałów/towarów niezbędnych do zapewnienia ciągłości sprzedaży/produkcji i wygenerowania odpowiednich zamówień do dostawców. Ilość zamawianych towarów może zostać wyliczona z wielkości sprzedaży z poprzedniego okresu, skorygowanej o współczynnik zmienności w poprzednim roku. Stosując moduł „Gospodarka magazynowa”, można zarządzać lokalizacją materiałów, określać maksymalny i minimalny ich poziom oraz sprawnie przeprowadzać inwentaryzację zapasów.

Impuls EVO

Impuls EVO to zintegrowany system wspomagający zarządzanie przedsiębiorstwem klasy MRP II/ERP¹⁷. Zawiera pełną funkcjonalność ERP i zaawansowane rozwiązania do zarządzania finansami, personelem, produkcją, sprzedażą i logistyką. Poszczególne obszary funkcjonalne systemu połączone są procesowo, zgodnie z logiką i praktyką prowadzenia biznesu. Użytkownicy systemu Impuls EVO mają dostęp do danych o stopniu zaawansowania i wynikach procesów, a rozbudowane mechanizmy analiz i raportowania skutecznie wspierają podejmowanie decyzji.

Maestro MRP II

Maestro MRP II jest aplikacją wspomagającą zarządzanie produkcją, przeznaczoną do współpracy z systemem zarządzania Symfonia Forte¹⁸. Rozwiązanie obejmuje większość obszarów produkcji:

- planowanie produkcji na podstawie zamówień obcych, stanów bieżących, budżetu, prognoz;
- techniczne przygotowanie produkcji oraz bilansowanie potrzeb materiałowych;
- zarządzanie zleceniami serwisowymi;
- kalkulacja kosztów produkcji i partii produkcyjnej z uwzględnieniem narzutów i kosztów operacji;
- zarządzanie procesem produkcji przez interaktywny wykres Gantta;
- rozliczanie kosztów zleceń;

¹⁶ [http://www.sykom.pl/index.php?option=com_content&task=view&id=127&Itemid=174], dostęp: 7.11.2015.

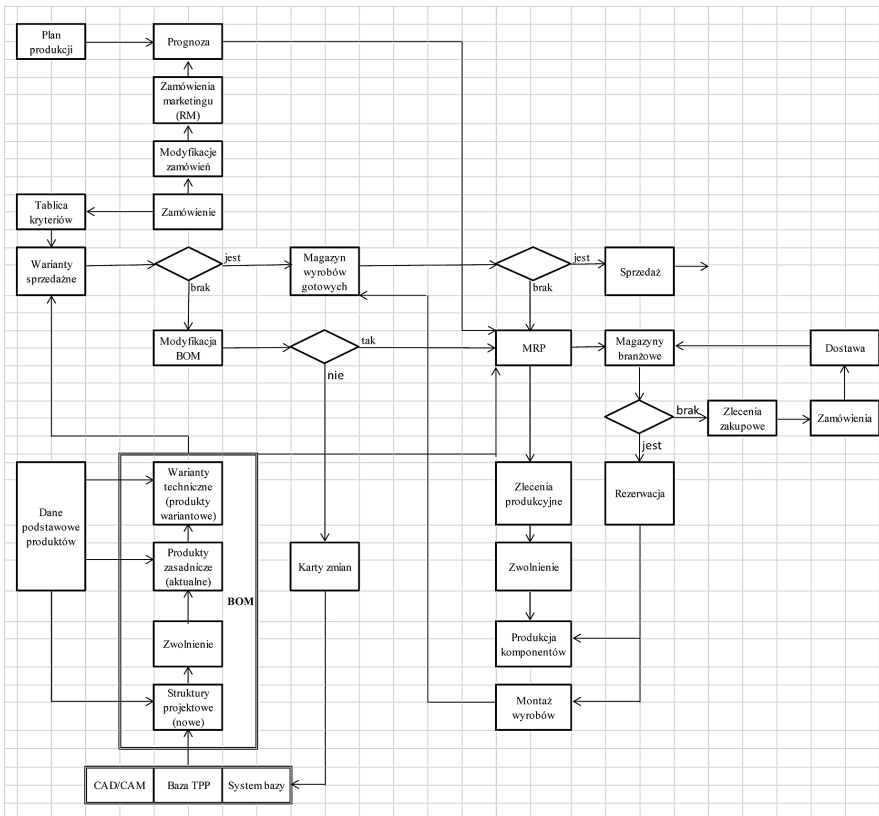
¹⁷ [<http://www.bpsc.com.pl/impuls-evo#!impuls-evo-3/>], dostęp: 7.11.2015.

¹⁸ [http://www.koni.pl/p4.maestro_mrpII.html], dostęp: 7.11.2015.

- przygotowanie wariacji technologii dla indywidualnego zlecenia;
- stosowanie zamienników, grup zamienników na etapie planowania, jak i przy rozliczaniu produkcji;
- raportowanie wydajności pracowników;
- kontrola produkcji w toku z dokładnością do operacji technologicznej na danym stanowisku pracy;
- pełne rozliczanie produkcji systemem kodów kreskowych już na poziomie warsztatu produkcyjnego.

1.2.5. Interface pakietu PRODIS – wybrane przykłady

System informatyczny PRODIS jest przykładem wczesnego okresu integrowania systemów branżowych w dużym przedsiębiorstwie przemysłu motoryzacyjnego, opartych na budowanych w latach 1990–2000 sieciach światłowodowych. Spinały one lokalne niedoskonałe jeszcze sieci mikrokomputerowe służb i korzystały ze wspólnej bazy danych posadowionej na dużym komputerze (*mainframe*) o odpowiednio silnym systemie operacyjnym.



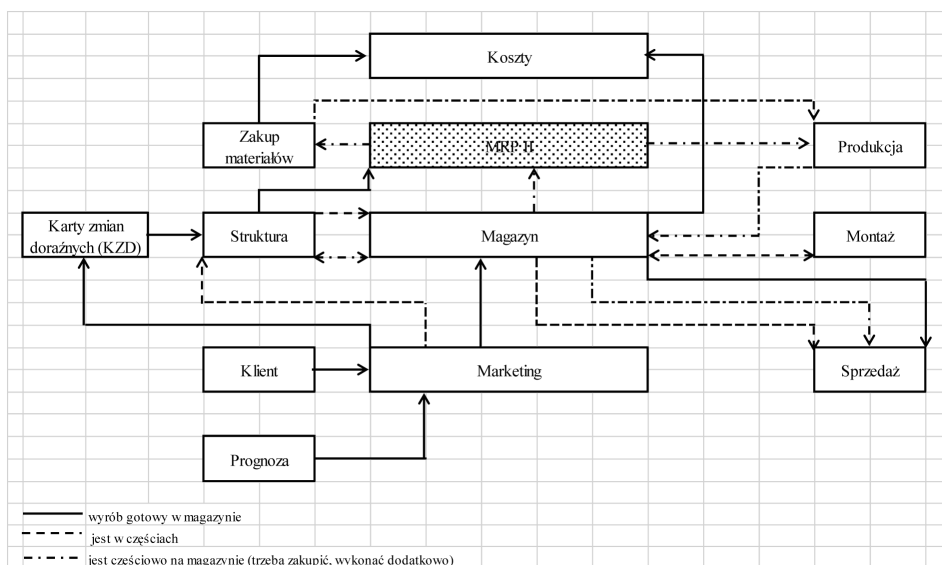
Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

1.2.7. Otoczenie MRP w systemie PRODIS

W szczególności PRODIS obsługiwał sferę technicznego przygotowania produkcji, marketingu, logistyki, planowania i rozliczania produkcji podstawowej¹⁹. Centralnym jego rozwiązaniem był kroczący system planowania produkcji według metodologii MRP. Wzajemną współzależność elementów systemu PRODIS pokazano na rycinie 1.2.7.

Na kolejnej rycinie 1.2.8 pokazano współpracę modułów systemu zintegrowanego PRODIS z punktu widzenia obsługi odbiorcy produktu gotowego w sytuacji, gdy wyrób:

- gotowy jest w magazynie;
- jest w częściach gotowych do montażu;
- jest częściowo w magazynie, lecz jego ilość nie wystarcza na zrealizowanie zamówienia odbiorcy, trzeba więc dokupić materiały i wykonać dodatkową jego ilość.



Źródło: Opracowanie własne w Exelu.

1.2.8. Współpraca modułów informatycznych systemu PRODIS przy obsłudze klienta

Widok strony logowania do zintegrowanego systemu zarządzania PRODIS poprzez wejście do systemu operacyjnego komputera głównego *mainframe* pokazano na rycinie 1.2.9.

¹⁹ [http://www.logistyka.net.pl/images/articles/4958/L2005-3s48.pdf], dostęp: 2.11.2015.

```

                    VSE/ESA ONLINE
5686-066 and Other Materials (C) Copyright IBM Corp. 1995 and other dates

VV  VV  SSSSS  EEEEEEE  **
VV  VV  SSSSSS  EEEEEEE  **
VV  VV  SS      EE        **  EEEEEEE  SSSSS  AA
VV  VV  SSSSSS  EEEEEEE  **  EEEEEEE  SSSSSS  AAAA
VV  VV  SSSSSS  EEEEEEE  **  EE        SS      AA  AA
VV  VV  SS      EE        **  EEEEEEE  SSSSSS  AA  AA
VVVV  SSSSSS  EEEEEEE  **  EEEEEEE  SSSSSS  AAAAAAA
VV    SSSSS  EEEEEEE  **  EE        SS      AAAAAAA
                    **  EEEEEEE  SSSSSS  AA  AA
                    **  EEEEEEE  SSSSS  AA  AA

Your terminal is A037 and its name in the network is 50260001
Today is 03/02/1998 To sign on to DBDCCICS -- enter your:

USER-ID..... P175 The name by which the system knows you.
PASSWORD..... P175 Your personal access code.
LOGON HERE.... 2 Enter 1 for YES, 2 for NO
PF1=HELP      2=TUTORIAL 4=REMOTE APPLICATIONS
                    10=NEW PASSWORD

```

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

1.2.9. Przykład logowania w systemie operacyjnym VSE/ESA

Widok ekranu wyboru grupy funkcji systemu zarządzania pokazano na rycinie 1.2.10.

```

IE$ADMSL.JZSEUZY0      VSE/ESA FUNCTION SELECTION      APPLID: DBDCCICS
Enter the number of your selection and press the ENTER key:

1  PRODIS 2.3.1 - produkcyjny
2  Przegląd bazy KSI (konstrukcyjnej)
3  Wydruki online
4  Wydruki wsadowe

PF1=HELP      3=SIGN OFF

=> 1

```

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

1.2.10. Wybór grupy funkcji systemu bazującego na PRODIS

Po wywołaniu opcji 1 wchodzimy do menu PRODIS w wersji produkcyjnej i możemy potem wybrać opcję tablic bazy danych (*Dane podstawowe zasobów*) (ryc.1.2.11).

P175				PRODIS 2.3.1 * PRODUKCYJNY *								
PDATABLICE				Dane podstawowe zasobów								

P		P	ITEM	Dane Podstawowe Produktu								
P		-	ITTECH	Dane Techniczne Produktu								
P		-	ITPLAN	Dane Planistyczne Produktu								
P		-	BAMASTER	Dane Zasadnicze Partii Towaru								
P		-	PROCTYPE	Typ Pochodzenia								
P		-	PLANTYPE	Typ Planowania								
P		-	INVCAT	Kategoria zasobów								
P		-	ORDDEMSTAT	Status Zlecenia/Zapotrzebowania								
P		-	ORDDEMTYPE	Typ Zlecenia/Zapotrzebowania								
		-	PDINFO	Informacja o danych podstawowych								

Enter	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10	PF11	PF12
Enter	Pomoc	PF12	Menu									Rezyg

Źródło: W. Wornalkiewicz, *Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2015, ryc. 17.1.

1.2.11. Menu (*Dane podstawowe zasobów*)

Następnie po podaniu symbolu **P** przy określonej opcji i naciśnięciu *Enter* nastąpi rozwinięcie np. podmenu (*Dane podstawowe produktu*). Podanie grupy elementów produkcji podstawowej, np. z początkiem o numeryze identyfikacyjnym 401*, spowoduje wygenerowanie listy (ryc. 1.2.12 –1.2.13).

P175				PRODIS 2.3.1 * PRODUKCYJNY *									
PDITEM				Dane podstawowe zasobów									

Numer produktu: 401*													

Enter	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10	PF11	PF12	
Enter	Pomoc	PF12	Menu									Rezyg	

Źródło: W. W o r n a l k i e w i c z, *Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2015, ryc. 17.2.

Ryc. 1.2.12. Żądanie fragmentu listy pozycji rodzajowych o początku 401*

P175				PRODIS 2.3.1 * PRODUKCYJNY *									
PDTABLICE				Dane podstawowe zasobów									

Numer produktu													
Poprawne numery produktów													
- 4011009290001 ZACZEP													
- 401155064 CEŚĆ													
- 401155143 WIDELKI													
- 4011826 PIERŚCIEŃ													
- 4011828 ŚRUBA Z OTWOREM													
P 401189905 KOŃCÓWKA WAHACZA													
- 401189022 PODKŁADKA REGULACYJNA													
← Następny													

Enter	PF1	PF2	PF3	PF4	PF5	PF6	PF7	PF8	PF9	PF10	PF11	PF12	
Enter	Pomoc	PF12	Menu									Rezyg	

Źródło: W. W o r n a l k i e w i c z, *Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2015, ryc. 17.3.

Ryc. 1.2.13. Pierwsza strona specyfikacji produktów własnych o numerze 401*

Wstawienie symbolu **P** np. przy „Końcówka wahacza” umożliwi wyświetlenie pełnego zakresu informacyjnego (ryc. 1.2.14).

```

P175          PRODIS 2.3.1 = PRODUKCYJNY =          03.02.1998
P ITEM        Pokaz Dane Podstawowe Produktu          09:18
-----
Numer produktu ..... : 401189908                      ADK1
Nazwa .....          : KONCOWKA WAHACZA                98.02.01

Opis techniczny ..... : _____

Jednostka miary ..... : 52T sztuka
Pseudo .....         : N (T/N)
Rodzaj produktu ..... : 3 Element produkcji własnej
Klasyf. produktow ... : 000: Produkty własne
Grupa zasobow .....  : 60 Polfabrykaty
Ozn. towarow niebezp. : _____
Numer rysunku .....  : 4112415004                      Kod ABC ..: C
Atest .....         : Norma at.: _____ Rodzaj at.: _____
Masa .....          : 2,16800 kg Typ wariantu ....: Produkt zwykly
Numer/Data wersji ... : 7 21.11.1997 Gdzie-uzyty .....: T
Poziom .....        : 2
Wykaz kompletacyjny  : T
>>
Enter PF1-- PF2-- PF3-- PF4-- PF5-- PF6-- PF7-- PF8-- PF9-- PF10- PF11- PF12-
Enter Pomoc >PF12 Menu BomJM Plan. AltJM Koszt Part. Rezyg

```

Źródło: W. Wornalkiewicz, *Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2015, ryc. 17.4.

Ryc. 1.2.14. Dane podstawowe produktu „Końcówka wahacza”

Kierownictwo procesu produkcyjnego w ramach menu głównego korzysta z funkcjonalności podmenu o symbolu PDMAIN (ryc. 1.2.15).

```

P175          PRODIS 2.3.1 * PRODUKCYJNY =          03.02.1998
PDMAIN       Menu glowne dla dozoru          09:03
-----

P POTABLICE  Dane podstawowe zasobow
- PDPLANOW  Planowanie produkcji
- POZLECENIE Zarzadzanie zleceniami
- PDREALIZ  Kontrola realizacji produkcji
- CBOM      Aktualny Wykaz Kompletacyjny

>>
Enter PF1-- PF2-- PF3-- PF4-- PF5-- PF6-- PF7-- PF8-- PF9-- PF10- PF11- PF12-
Enter Pomoc >PF12 Menu                               Wyjsc

```

Źródło: Kopia strony z wydruku oryginalnego w systemie PRODIS.

Ryc. 1.2.15. Funkcje menu głównego dla dozoru

Widzimy tu dostęp do wybranych danych technologicznych („Aktualny wykaz kompletny”, „Dane podstawowe zasobów”), operatywnego planu produkcji („Planowanie produkcji”), zleceń produkcyjnych („Zarządzanie zleceniami”) oraz czuwania nad przebiegiem wykonania kolejnych operacji obróbki lub montażu („Kontrola realizacji produkcji”). Poszczególne podmenu są dalej rozwijane, gdyż ułożone są według struktury hierarchicznej (zobacz kolejne widoki ekranów pokazane na rycinach 1.2.16–1.2.18).

```
P175          PRODIS 2.3.1 = PRODUKCYJNY =          03.02.1998
POPLANOW          Planowanie produkcji          09:06
-----
```

```
P      _  ROUTING   Proces Technologiczny
P      _  OPERATIONS Operacje w Miejsce Pracy
P      _  FIRELATION Zależność Proces Tech./Produkt

P      _  WORKCENTRE Miejsce Pracy
```

```
>>
Enter PF1-- PF2-- PF3-- PF4-- PF5-- PF6-- PF7-- PF8-- PF9-- PF10- PF11- PF12-
Enter Pomoc >PF12 Menu                               Rezyg
```

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

1.2.16. Rozwinięcie podmenu „Planowanie produkcji”

```
P175          PRODIS 2.3.1 = PRODUKCYJNY =          03.02.1998
POZLECENIE          Zarządzanie zleceniami          09:07
-----
```

```
P      _  PPROD    Zlecenie Produkcji
P      _  CAPROF   Profil Zdolności Produk. (Miejsce Pracy)
P      _  PROJSTAT Status Projektu
P      _  PMATWD   Pobranie Materiału przez Zlecenie
```

```
>>
Enter PF1-- PF2-- PF3-- PF4-- PF5-- PF6-- PF7-- PF8-- PF9-- PF10- PF11- PF12-
Enter Pomoc >PF12 Menu                               Rezyg
```

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

1.2.17. Rozwinięcie podmenu („Zarządzanie zleceniami”)

P - WIP Produkcja w toku
 P - EFFICIENCY Wydajnosć
 P - SCRAP Kody Brakow

>>
 Enter PF1-- PF2-- PF3-- PF4-- PF5-- PF6-- PF7-- PF8-- PF9-- PF10- PF11- PF12-
 Enter Pomoc >PF12 Menu Rezyg

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

1.2.18. Rozwinięcie podmenu („Kontrola realizacji produkcji w toku”)

Rozległa jest funkcjonalność zintegrowanego systemu informatycznego PRODIS, a pełny jej opis przekracza ramy niniejszej pracy. Z tego względu ograniczono się do wyszczególnienia skróconych nazw modułów występujących w poszczególnych obszarach działalności przedsiębiorstwa, które wdrożyło omawiany system:

1. Techniczne przygotowanie produkcji (TPP) obejmuje moduły: „Produkty”, „Miejsca”, „Struktura”, „Technologia”, „Warianty”, „Relacje” (w tym TPP/CAD/CAM).

2. Planowanie produkcji i gospodarka materiałowa składający się z modułów: „Magazyny”, „Transakcje magazynowe”, „Ośrodki decyzyjne”, „Wydziały”, „Operacje/potwierdzenia”, „Partie towaru”, „MRP (plan brutto, plan netto, wewnętrzne)”, „Harmonogram produkcji oraz prognoza”, „Dostawa na żądanie”, „Pobieranie materiału na zlecenie”, „Zmianowość”, „Zlecenia”, „Kalkulacja”.

3. Zakupy, a w tym moduły: „Dostawcy”, „Oferty”, „Produkty”, „Propozycje zakupu”, „Akceptacje”, „Zamówienia”, „Potwierdzenia”, „Upomnienia”, „Korekta zamówienia”, „Usuwanie”, „Faktury”, „Noty kredytowe”, „Towary przychodzące/wychodzące”.

4. Sprzedaż („Scenariusze”, „Plany długoterminowe”, „Spodziewana sprzedaż”, „Oferty sprzedaży”, „Klienci”, „Symulacja zlecenia”, „Zamówienia sprzedaży”, „Rezerwacja materiału”, „Produkty sprzedaży”, „Pro-

gnoza sprzedaży”, „Potwierdzenia wykonania”, „Inwentaryzacja”, „Statystyka klienta/produkcji”, „Fakturowanie”, „Dokumenty dostawy”, „Tablice kodów”).

5. Koszty („Cenniki”, „Narzędzia aktualizacji i analizy kosztów”, „Procedury inwentaryzacyjne”, „Dziennik finansowo-księgowy”, „Korzystanie z kalkulacji zleceń produkcyjnych”).

6. System podglądu i utrzymywania bazy danych („Cena techniczna produktu”, „Aktualny wykaz kompletacyjny”, „Nowy wykaz kompletacyjny”, „Tablice pomocnicze”, „Proces technologiczny”, „Miejsca pracy”).

Na bazie danych – w zależności od uprawnienia danego użytkownika – możliwe jest przeprowadzanie następujących akcji w odniesieniu do poszczególnych rekordów (zapisów pozycji):

P – Pokaż	D – Drukuj
N – Nowy	K – Kopiuj
M – Modyfikuj	Z – Zwolnij
U – Usuń	W – Wykonaj
O – Odwołaj	

1.2.6. Tematy z problematyki MRP

Sprawdzeniem pozyskanej wiedzy z przedmiotu MRP II jest kolokwium końcowe pisemne, a zestaw tematów do przygotowania się do kolokwium jest następujący:

1. Wczesne obszary systemów informatycznych ewidencyjnych.
2. Podstawowe zasoby produkcyjne ujęte w bazie danych BOM.
3. Jakie kartoteki obejmuje baza danych BOM?
4. Podstawowe zadanie programu MRP.
5. Przedstawić na przykładzie obszaru technicznego przygotowania produkcji (TPP) adekwatność aplikacji informatycznej do funkcjonalności.
6. Zadania systemu CAD/CAM.
7. Etapy ewolucyjne w zakresie wymiany danych w obszarze TPP.
8. Etapy rozwojowe od systemów IC po systemy ERP.
9. Etapy technicznego rozwoju sieci informatycznych w obszarze MRP.
10. Formy rozwojowe systemu MRP II.
11. Oddziaływanie stowarzyszenia APICS na rozwiązania informatyczne w sferze projektowania produkcji, zaopatrzenia oraz dystrybucji wyrobów.
12. Zakres funkcjonalny systemów klasy IC.
13. System Mrp Closed Loop.

14. Penetracja systemów kontrahentów w celu poprawiania efektywności systemu obiektowego.

15. Zakres wchłonięcia technologii informacyjnej mobilnej w obszarze sieci i terminali.

16. Wariantowość struktur konstrukcyjnych i alternatywność technologii w bazie danych systemu klasy MRP.

17. Korzyści osiągane z eksploatacji systemu informatycznego – co najmniej klasy MRP I.

18. Pojęcia „marszruta” (przewodnik) i „operacje technologiczne” w zleceniach produkcyjnych wyznaczanych w planowaniu komputerowym.

19. Kryteria podziału na partie (zlecenia) produkcyjne i zaopatrzeniowe.

Warto zauważyć, że podane tematy stanowią przegląd poznania problematyki szeroko rozumianego systemu klasy MRP.

1.3. Przykład analizy powdrożeniowej²⁰

1.3.1. Wstęp

Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego to początek istotnego usprawniania procesu podejmowania decyzji opartej na dostarczanych na czas danych z przebiegu poszczególnych działalności. Kolejny etap to serwisowanie modułów systemu zintegrowanego, dbałość o bieżące dostosowywanie się do aktualnych przepisów i potrzeb użytkowników.

Niniejsze opracowanie ma wskazać potrzeby okresowej całościowej analizy powdrożeniowej wybranych elementów działalności logistycznej na przykładzie firmy Higma Service Sp. z o.o. w Opolu. Szczególną uwagę skoncentrowano na potrzebie rozszerzenia informacyjnego interfejsów, rozumianych jako ekrany we/wy, służące w codziennej działalności pracowników Biura Obsługi Klienta.

W rozdziale pierwszym przedstawiono charakterystykę wspomnianego projektu działalności firmy Higma Service w Opolu. Natomiast rozdział drugi zawiera informacje o aktualnie eksploatowanych systemach, które zostały zintegrowane, aby wygodnie korzystać z zasobów informacyjnych i hardwarowych aplikacji programowej. Podstawowym trzonem bazy danych są informacje z wdrożonego pakietu standardowego Comarch ERP Optima, którego opis funkcjonalności zawarto w części 1.3.4.

W wyniku kontaktu z wymienioną firmą wyodrębniono szereg uwag i spostrzeżeń dotyczących dalszego doskonalenia korzystania z eksploatowanych systemów. Stanowi to rozdział czwarty pt. *Sugestie usprawnienia eksploatowanych programów w zakresie potrzeb pracowników Biura Obsługi Klienta*.

W podsumowaniu podkreślono potrzebę okresowego, np. rocznego, wypowiedzenia się pracowników merytorycznych nie tylko Biura Obsługi Klienta, ale także odpowiedzialnych za sprawność integracyjną systemów. Takie globalne podejście jest potrzebne, mimo że mają oni możliwość bie-

²⁰ Niniejsza część zawiera wybrane teksty opracowane pod kierunkiem autora pt.: „Projekt analizy powdrożeniowej wybranych elementów działalności logistycznej (na przykładzie Biura Obsługi Klientów w firmie Higma Service w Opolu)” [praca niepublikowana, w zasobach WSZiA w Opolu, Opole 2015].

żącego zgłaszania drobnych spostrzeżeń do producenta eksploatowanych aplikacji przez specjalną platformę.

1.3.2. Przedstawienie działalności firmy Higma Service

Prezentacja Spółki Higma Service bazuje na niektórych fragmentach opisu profilu i zakresu działalności zamieszczonych na stronie internetowej [http://higma-service.pl/profil_dzialalnosci].

1.3.2.1. Zakres działalności

Projekt rozszerzenia bazy informacyjnej w wybranych obszarach działalności logistycznej dotyczy hurtowni materiałów oraz sprzętu do zabiegów higienicznych Higma Service Sp. z o.o. w Opolu, zwanej dalej Spółką. Spółka ta obsługuje zarówno jednostki działalności gospodarczej, jak i klientów indywidualnych. Głównie jednak funkcjonuje na rynku jako relacja B2B, czyli biznes–biznes. Klientem może być każde przedsiębiorstwo, które musi utrzymywać czystość i odpowiednie warunki higieniczne obiektów. Tak więc kontrahentami są instytucje publiczne, przemysł, branża medyczna, szkolnictwo, administracja, gastronomia oraz hotele.

Spółka Higma Service mieści się w Opolu. Zainteresowanie niniejszego projektu skupia się przede wszystkim na wspomaganiu komputerowym Biura Obsługi Klienta [biuro@higma-service.pl, www.higma-service.pl]. Logo Spółki:



Omawiana Spółka jest dystrybutorem wielu marek urządzeń, takich jak: Tork, Diversy, Taski, Vermop, SM, Stoko. Nie tylko jest sprzedawcą, ale także doradcą w zakresie:

- doboru i dostawy środków higieny;
- doboru i dostawy systemów dozujących;
- wynajmu maszyn sprzątających.

Prowadzi szkolenia i serwis urządzeń. Oferta Spółki Higma Service jest bogata, gdyż obejmuje szeroki wachlarz towarów według grup: systemy higieniczne, systemy dozujące, dozowniki, ręczniki, mydło, papier toaletowy, czyszczywo, artykuły chemiczne, wózki hotelowe, mopy, stelaże, serwetki, odkurzacze, maszyny sprzątające, zamiatarki.

Kontakt klientów ze Spółką może być różnorodny: telefoniczny, faksem, e-mailem. Można też złożyć zamówienie u jej przedstawiciela handlowego lub skorzystać z elektronicznego biura obsługi klienta (E-Book). Zainteresowani stałym kontaktem z Higma Service mogą podpisać indywidualnie wynegocjowaną umowę o współpracy, a w ramach niej także usługę w zakresie doboru odpowiedniej technologii sprzątnia, szkolenia i wyposażenia nowego bądź modernizowanego obiektu. Spółka działa na rynku od wielu lat, na bazie tylko własnego kapitału, wykorzystując doświadczenia wiodących marek światowych w branży higienicznej.

Spółka dysponuje autoryzowanym serwisem technicznym²¹. Od roku 2014 świadczy autoryzację firmy Diversy Polska Sp. z o.o. w zakresie napraw i montażu maszyn i urządzeń dozujących Taski. Usługi serwisowe wykonywane są zarówno w okresie gwarancyjnym, jak i pogwarancyjnym. Zapewniony jest dostęp do technika obsługi, jak też możliwość nabycia odpowiednich części zamiennych. W ramach serwisu istnieje też możliwość zainstalowania systemów higienicznych. Zgłoszenia przyjmowane są telefonicznie lub przez e-mail: ast@higma-service.pl.

Szkolenia prowadzone są zgodnie z dokumentem²² „Regulamin ogólny prowadzonych szkoleń przez firmę Higma Service Sp. z o.o.”. Zgłoszenia przyjmowane są przez internet na adres [marketing@higma-service.pl]. Grupy szkoleniowe formułowane są od 6 do 12 osób. Uczestnikowi szkolenia przysługuje roszczenie o zwrot kwoty szkolenia przekazanej organizatorowi, tj. Spółce, z tytułu planowanego, a nie wykonanego szkolenia.

Zakres szkoleń obejmuje problematykę BHP w gastronomii oraz w firmach sprzątających. Omawiana jest technologia sprzątnia, obsługa maszyn sprzątających, a także sposoby zabezpieczenia powierzchni sprzątniej powłokami myjącymi i dezynfekującymi. Szkolenia odbywać się mogą również w obiektach firm zlecających.

Uczestnikiem szkolenia może być każda osoba, której udział w szkoleniu został zgłoszony i potwierdzony. Szkolenia płatne organizowane są w ramach programów Spółki Higma Service, natomiast bezpłatne bazują na procedurach technologicznych firm Diversy, SCA, Vermop, 3M. Można skorzystać z tzw. bazy wiedzy z zakresu maszyn szorująco-czyszczących²³, a obsługę maszyn można podzielić na:

- codzienną, która polega na bieżącej kontroli stanu maszyny oraz urządzeń towarzyszących jej pracy;

²¹ [http://higma-service.pl/autoryzowany_serwis_techiczny], dostęp: 28.09.2015.

²² [http://higma-service.pl/zasady_i_regulamin_szkolen], dostęp: 28.09.2015.

²³ [http://higma-service.pl/jak_zadac_o_swoja_maszyne_szorujaco_czyszczajacych], dostęp: 28.09.2015.

- regularną obsługę serwisową, a w jej ramach przeglądy techniczne gwarancyjne, pogwarancyjne przeprowadzane przez serwis techniczny.

Zakres oraz punkty kontrolne urządzeń w ramach obsługi codziennej zależne są od typu danego sprzętu i tak np. na maszynach Taski kontrolowane są elementy zaznaczone jako żółte punkty na danym urządzeniu. Należą do nich: osłona tarczy i tarcza napędowa, szczotka szorująca, ssawa, filtr wody czystej, filtr zbiornika wody brudnej, pływak silnika ssącego. W ramach obsługi serwisowej oprócz przeglądów wchodzi także wymiana elementów, które uległy zużyciu podczas eksploatacji. Zakres obsługi określa instrukcja obsługi lub karta gwarancyjna.

1.3.2.2. Aplikacje systemu informatycznego

Spółka Higma Service funkcjonuje już ponad szesnaście lat. Od małej początkowo formy organizacyjnej stale się przekształcała, aż doszła do dzisiejszej firmy o rozległej działalności. Wraz z powiększaniem się obszaru współpracy z kontrahentami rosła liczba transakcji przychodowo-rozchodowych materiałów, urządzeń, części zamiennych w sprzedaży i serwisowaniu środków i sprzętu branży czyszcząco-higienicznej. Towarzyszyło temu rozwijanie się techniki elektronicznej i coraz szersze stosowanie wspomaganie komputerowego procesów zarządzania. Wykonywano nowe aplikacje lub zakupywano standardy programowe i odpowiednie wyposażenie sieciowe. Obecnie zasadniczo występują trzy systemy:

- 1) system obsługi klienta CRM;
- 2) system wspomaganie zarządzania OPTIMA, a w szczególności moduły finansowo-księgowo;
- 3) pakiet HORACY przeznaczony dla Higma Service stanowiący platformę programową spinającą systemy HIGMA CRM i OPTIMA; traktowany jest on jako rodzaj nakładki na eksploatowane w Spółce moduły.

Konserwacją platformy HORACY według bieżących zgłoszeń użytkowników w zakresie rozszerzenia lub poprawy funkcjonalności eksploatowanych modułów zajmuje się firma zewnętrzna i-systems z Gliwic. Pakiet HIGMA CRM obsługuje przede wszystkim handlowców Spółki, przy czym skomunikowany z nim pakiet standardowy Outlook 2010 traktowany jest jako program obsługi poczty elektronicznej.

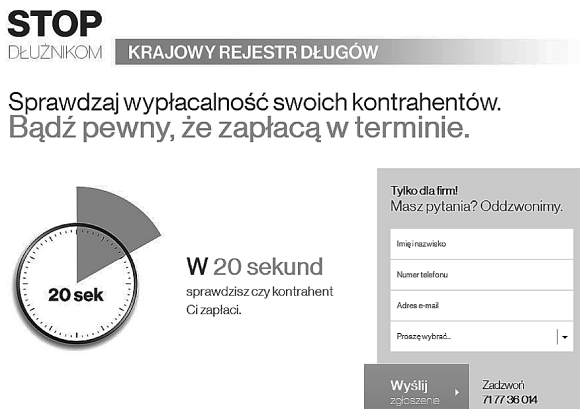
Korzystanie z HIGMA CRM wymaga poprzedniego zalogowania się, po wcześniejszym nawiązaniu odpowiedniego kontaktu. Możemy wyjść z widoku głównego „Kalendarz”. W HIGMA CRM występują różnego typu uprawnienia dostępu. Zadaniem handlowców jest wprowadzanie danych, nie mają oni jednak możliwości ich modyfikacji. Ustalają wizyty u klientów oraz składają oferty elektronicznie. Istnieje możliwość podglądu listy kontaktów, terminów prezentacji produktów oraz napisanych ofert. Handlow-

cy zasilają więc zbiory informacji nazwane dalej bazą danych. Baza ta jest rozszerzana przez dopisywanie nowych kontaktów z klientami. Określana jest data dostawy. Klient wprowadzany jest przez wypełnienie papierowej karty klienta. Karta wypełniona jest wstępnie w kopii i przekazywana odpowiedniemu pracownikowi w Spółce celem weryfikacji i uzupełnienia o dane potwierdzające wiarygodność klienta instytucjonalnego. Wspomniana już aplikacja HORACY stanowi element programowy integrujący w całość inne moduły. Dla dodania nowego kontrahenta korzysta się z zakładki „Klienci”. Kartę klienta może też wypełnić bezpośrednio potencjalny klient. Wystarczy zadzwonić do Biura Obsługi Klienta, gdzie odpowiednia osoba przyporządkuje danego klienta handlowcowi. Umożliwia to szybkie poszerzanie bazy klientów. W aplikacji programowej HORACY istnieje narzędzie do zalogowania się w celu korzystania z usług Biura Obsługi Klienta.

Na uwagę zasługuje oprogramowanie zwane Higma E-Book. Można w nim złożyć elektroniczne zamówienie, sprawdzić istniejące wcześniejsze zamówienia, przejrzeć oferty, a także zgłosić potrzebę prezentacji sprzedawanych produktów oraz wskazać urządzenie czyszczące. Jest zatem dogodny dostęp klientów do elektronicznego Biura Obsługi Klienta. W rejestrowaniu się do tego typu usługi klient podaje: nazwisko i imię, NIP, adres zamieszkania, e-mail, i naciska przycisk *Wyślij formularz*.

Przedstawiciele handlowi wprowadzają tylko podstawowe dane, pozostałe informacje weryfikujące klienta (firmę) wprowadzane są w Biurze Obsługi Klienta. W tym względzie sprawdzenie polega na zasięgnięciu informacji przez internet z Krajowego Rejestru Długów – KRД, korzystając ze strony [<http://zgłoszenie.krd.pl/lead?lid=90013&gclid=CK2Lk-yjlgCFWHncgodQ5MBjA>].

Obraz strony tytułowej KRД przedstawia rycina 1.3.1.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.1. Widok ekranu wejściowego do Krajowego Rejestru Długów

W kolejności sprawdzane jest występowanie w Krajowym Rejestrze Sądowym – KRS, dostępnym na stronie [http://www.krs-online.com.pl/]. Pozostaje nam jeszcze sprawdzenie zarejestrowania działalności danej firmy w Krajowej Ewidencji Działalności Gospodarczej (CEDIG) z dostępem [http://www.mg.gov.pl/Wspieranie+przedsiębiorczosci/Dzialalnosc+gospodarcza+i+e-przedsiębiorczosc/Centralna+Ewidencja+i+Informacja+o+Dzialalnosci+Gospodarczej+CEIDG]. Stronę tytułową wejścia do informacji internetowej pokazano na rycinie 1.3.2.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.2. Widok ekranu wejściowego do Krajowej Ewidencji Działalności Gospodarczej

Powróćmy do internetowego Biura Obsługi Klienta w Spółce Higma Service w Opolu pracującego w systemie HORACY. Weryfikacja klienta następuje według numeru identyfikacji podatkowej NIP. Jest tam też numer telefonu komórkowego klienta (gsm). Odnośnie stanów magazynowych przedstawiciele handlowi wprowadzają tzw. minimum logistyczne. W systemie rejestrującym transakcje przychodu/rochodu zrezygnowano z nadmiernej ilości informacji domyślnych, które wyświetla system automatycznie, bowiem rozpoznanie handlowca przez bezpośredni kontakt z klientem stanowi bardziej wiarygodną ocenę jego wypłacalności. Jeśli klient jest nowy, to najpierw ustalamy płatność gotówkową. Przestrzegana jest zasada: „Nie handluje się z niesolidną firmą”.

Jeśli w karcie klienta występuje status „niesolidny”, to nie realizuje się złożonego przez niego zamówienia. Gdy status jest „wiarygodny”, czyli „zielony”, to czas oczekiwania na zapłatę faktury nie może przekroczyć 21 dni. W sytuacji nadania statusu jako „żółty” wymagana jest natychmiastowa zapłata. Status „czarny” oznacza transakcję tylko gotówkową.

Wprowadzono kodowanie firm – klientów dużymi literami (maksymalnie do ośmiu znaków).

1.3.3. Eksploatowane zintegrowane systemy informatyczne

Zamieszczone materiały stanowią zestawienie widoków ekranów eksploatowanych aktualnie systemów, które udostępniono drogą elektroniczną po wizycie prowadzącego niniejszy zespół projektowy w Spółce Higma Service w Opolu. Użytkownik ma możliwość skorzystania z systemu E-Book. Dostęp do informacji ofertowych wymienionej Spółki uzyskałem przez zarejestrowanie się w sposób następujący:

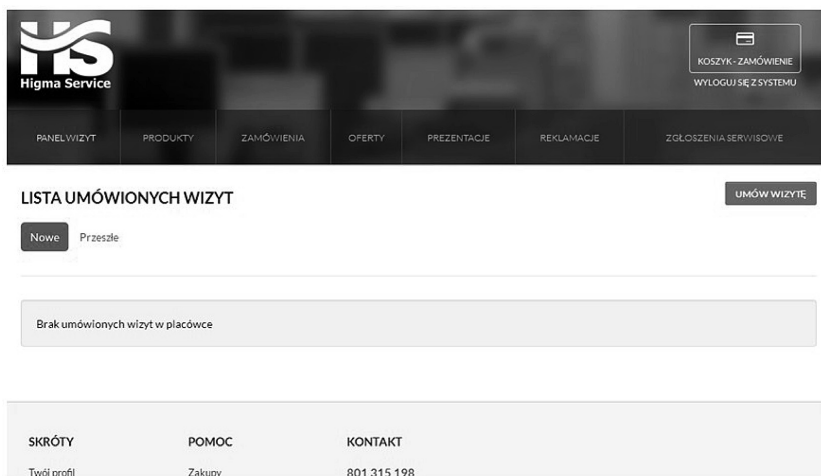
Login: wlodek2004@op.pl

Hasło: RCEmnaOD

Wymaga to jednak wcześniejszego wypełnienia formularza zgłoszeniowego ze strony [www.higma-service.pl]. Po przekazaniu formularza elektronicznego w ciągu 24 godzin od otrzymania wiadomości od klienta pracownik Biura Obsługi Klienta kontaktuje się z potencjalnym zamawiającym, aby nawiązać współpracę w sprawie zakupu środków czystości i higieny. Oprócz podanej możliwości, można nawiązać kontakt przez:

- e-mail [marketing@higma-service.pl];
- wejście na stronę Spółki Higma Service, korzystając z E-Book [http://edok.higma-service.pl/dashbord.html].

W systemie E-Book występuje panel wizyt. Dla hipotetycznego użytkownika, którym był autor niniejszego opracowania, występują tylko ramki ekranów, bez list danych, gdyż nie korzystał on jeszcze z systemu Spółki. Przykładowy widok ekranu „Lista umówionych wizyt” pokazuje rycina 1.3.3.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.3. Widok ekranu „Lista umówionych wizyt”

Z poziomu tego panelu możemy uzyskać różne informacje, w tym produkty w promocji (ryc. 1.3.4).

PRODUKTY

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.4. Widok ekranu „Produkty w promocji”

Menu główne zawiera też (*Zamówienia*), przy czym jako przykład dołączono widok listy zamówień.

Numer	Placówka	Kwota	Data	Status
0000166538	GLIWICE, GÓRNYCH WAŁÓW 38/1	23,69 zł	2015-09-25 10:22:41	Nowe

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.5. Widok ekranu „Lista zamówień”

Po wywołaniu opcji menu (*Oferty*) lub (*Prezentacje*) uzyskujemy: (*Listę dostępnych ofert*), (*Listę prezentacji*).

PANEL WIZYT	PRODUKTY	ZAMÓWIENIA	OFERTY	PREZENTACJE	REKLAMACJE	ZGŁOSZENIA SERWISOWE
LISTA DOSTĘPNYCH OFERT						NOWA OFERTA
Tytuł			Zatwierdzona			Wartość
Oferta z cennika 2015-08-19			Tak			247,23 zł

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.6. Widok ekranu „Lista dostępnych ofert”

PANEL WIZYT	PRODUKTY	ZAMÓWIENIA	OFERTY	PREZENTACJE	REKLAMACJE	ZGŁOSZENIA SERWISOWE	
POMOCENIK							
Wszystkie		LISTA PREZENTACJI					
KATEGORIE							
Usługi							
Wydarzenia							
Serwis							
		 <p>PROGRAM WYNAJMU MASZYN TASKI</p>		 <p>Do każdego zamówienia o wartości 100,00 zł netto gabka 3M w cenie 1 grosza!</p>		 <p>Nowa promocja</p>	

Źródło: Opracowanie własne.

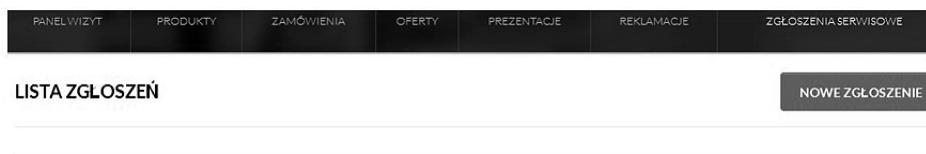
Ryc. 1.3.7. Widok ekranu „Lista prezentacji”

Występują jeszcze opcje (*Reklamacje*) i (*Zgłoszenia serwisowe*). Widoki wykazów „Lista zgłoszeń reklamacyjnych”, jak i „Lista zgłoszeń serwisowych” pokazują ryciny 1.3.8–1.3.9.

PANEL WIZYT	PRODUKTY	ZAMÓWIENIA	OFERTY	PREZENTACJE	REKLAMACJE	ZGŁOSZENIA SERWISOWE
LISTA ZGŁOSZEŃ REKLAMACYJNYCH						
Otwarte		Zrealizowane				
Nie znaleziono elementów do pokazania na liście						

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.8. Widok ekranu „Lista zgłoszeń reklamacyjnych”



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.9. Widok ekranu „Lista zgłoszeń (serwisowych)”

Wyjście z systemu E-Book następuje po kliknięciu opcji *Wyloguj się z systemu*.

Kliknięcie na „WYLOGUJĘ SIĘ Z SYSTEMU”

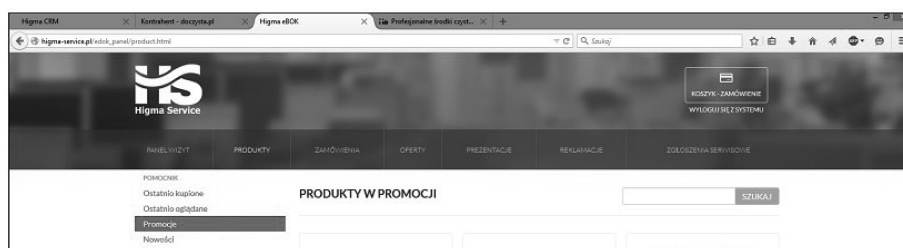
Do zobaczenia

WŁADYSŁAW, bezpiecznie wylogowałeś się z systemu.

[Powrót na stronę główną](#)

copyright Higma Service Sp. z o.o.

Powrócmy jeszcze na stronę główną systemu informacji elektronicznej z pokazaniem logowania się do tej aplikacji. Fragment widoku menu głównego, a w jego ramach występowanie zakładki „Higma E-Book” przedstawia rycina 1.3.10.



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.10. Widok ekranu podmenu systemu Higma E-Book

Logowanie do systemu o pełnej nazwie Higma E-Book wymaga podania e-maila i hasła, a następnie kliknięcia na przycisk *Zaloguj*. Jeśli użytkownik zapomniał hasła, to może skontaktować się telefonicznie z Biurem Obsługi Klienta. Natomiast jeśli nie jest jeszcze klientem Higma Service, to wypełnia formularz zgłoszeniowy klienta, o czym już nadmieniono wcześniej.

Higma Service

Logowanie Higma E-Bok

Email

Hasło

[Nie pamiętasz swojego hasła?](#)

ZALOGUJ

Jeżeli nie posiadasz dostępu lub zapomniałeś hasła do E- Bok prosimy o kontakt z Biurem Obsługi Klienta pod numerem 801315198

Chcesz zostać klientem Higma Service?

WYPEŁNIJ FORMULARZ

copyright Higma Service Sp. z o.o.

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.11. Okno logowania do systemu Higma E-Book

Uzyskano również dostęp do platformy, czyli cennika oferowanych towarów, przez przykładowe wprowadzenie przez informatyka Spółki, odpowiedzialnego za współpracę z producentem oprogramowania, następujących danych identyfikacyjnych w odniesieniu do mojej osoby jako prowadzącego zespół projektowy:

Konto: platforma.7wl.pl
Login: wlodek2004@wp.pl
Hasło: 111111

Po akceptacji przez system danych identyfikacyjnych możemy logować się do platformy informacyjnej, podając swój login oraz hasło (ryc. 1.3.12).

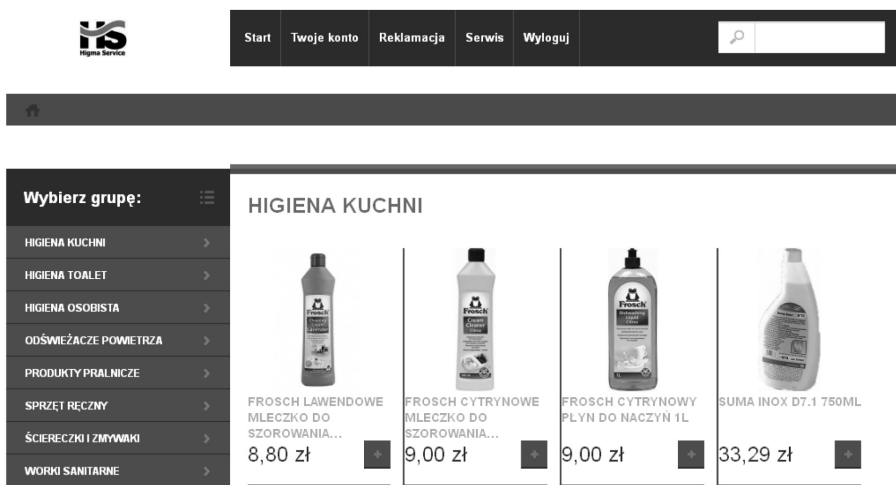


Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.12. Widok ekranu „Logowanie” (do platformy informacyjnej)

Dla wymienionego wcześniej wejścia określonego przez informatyka Spółki identyfikacja jest następująca: login; e-mail, hasło •••••, zaloguj.

Platforma umożliwia wybór grupy wyrobów, np. z zakresu higieny kuchni. Na ekranie zobaczymy fotografie produktów danej grupy z aktualnymi cenami oferowanymi dla zalogowanego klienta (ryc. 1.3.13).



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.13. Widok ekranu z cennikiem wybranej grupy towarów

Tak więc oprogramowanie platformy z cennikiem produktów opracowane dla klienta umożliwia realizację następujących funkcji: zmiana hasła, otwarcie zamówienia, limity, zamówienia, kontakty, wyloguj się, widoczne na ekranie.

Istnieje też możliwość zgłaszania przez określonych klientów, mających dostęp do platformy drogą e-mailową, ewentualnych reklamacji odnośnie otrzymanego towaru lub wspomnianych już zgłoszeń serwisowych (ryc. 1.3.14 oraz 1.3.15).

Reklamacja

Imię i nazwisko	WŁADYSŁAW WORNALKIEWICZ
Adres e-mail	wlodek2004@wp.pl
Telefon	
Kontrahent	FIRMA TESTOWA
Placówka	OPOLE, RODZIEWICZÓWNY 19
Treść	

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.14. Widok ekranu zgłoszenia reklamacji przez platformę

Zgłoszenie serwisowe

Imię i nazwisko	WŁADYSŁAW WORNALKIEWICZ
Adres e-mail	wlodek2004@wp.pl
Telefon	
Kontrahent	FIRMA TESTOWA
Placówka	OPOLE, RODZIEWICZÓWNY 19
Treść	

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.15. Widok ekranu „Zgłoszenie serwisowe” (naprawy przez platformę)

Aby ułatwić współpracę z klientami Spółki Higma Service, sprzedawane produkty zostały sklasyfikowane według ich dostępności jako:

A – zawsze dostępne,

B – dostępne po sprawdzeniu sytuacji aktualnej,

C – produkt na zamówienie po uzgodnieniu terminu przez klienta,

D – produkt dedykowany do przetargu,

U – usługi.

Klasyfikacje produktów w ofercie Higma Service, według statusu produktu, z podaniem jego dostępności oraz określeniem kryteriów i warunków sprzedaży, zaprezentowano w tabeli 1.3.1 otrzymanej elektronicznie po spotkaniu w Spółce.

Tabela 1.3.1

Status produktu i warunki dostępności

Status produktu	Dostępność produktu	Kryteria	Warunki
A	Zawsze dostępny	<ul style="list-style-type: none"> • produkt klasyfikowany jest jako podstawowa oferta wiodących dostawców (Tork, Diversey, Vermop, 3M, Techem, Stoko), • produkt utrzymany w ciągłej sprzedaży przez kolejne 3 miesiące, • średniomiesięczna sprzedaż produktu jest wyższa od optymalnej jednostki zamówieniowej 	<ul style="list-style-type: none"> • stan minimalny = sprzedaż 10-dniowa, • stan maksymalny = sprzedaż 15-dniowa, • jednostka sprzedaży – sztuka, • produkt dostępny w katalogu, • produkt dostępny w sklepie internetowym
B	Dostępny, sprawdź dostępność. Jeżeli brak produktu, to uzupełnienie stanu nastąpi maksymalnie do 5 dni roboczych	<ul style="list-style-type: none"> • produkt dostępny jest w ofercie (Tork, Diversey, Vermop, 3M, Techem, Stoko), • produkt utrzymany w ciągłej sprzedaży przez kolejne 3 miesiące 	<ul style="list-style-type: none"> • stan minimalny = sprzedaż 5-dniowa, • stan maksymalny = sprzedaż 10-dniowa, • jednostka sprzedaży – sztuka, • produkt dostępny w katalogu, • produkt dostępny w sklepie internetowym
C	Produkt na zamówienie. Realizacja zamówień na podstawie indywidualnych zapotrzebowań zgłoszonych przez klientów w terminie maksymalnym do 10 dni roboczych	<ul style="list-style-type: none"> • produkt w ofercie dostawców (Tork, Diversey, Vermop, 3M, Techem, Stoko) 	<ul style="list-style-type: none"> • stan minimalny – 0, • stan maksymalny – 0, • jednostka sprzedaży – jednostka zakupu, • produkt dostępny w katalogu, • produkt dostępny w sklepie internetowym

Status produktu	Dostępność produktu	Kryteria	Warunki
D	Produkty na zamówienie. Każdorazowo indywidualnie uzgadniany jest termin realizacji zamówienia	<ul style="list-style-type: none"> • produkt dostarczany na podstawie indywidualnego zapotrzebowania klienta, może być spoza oferty dostawców 	<ul style="list-style-type: none"> • stan minimalny – 0, • stan maksymalny – 0, • jednostka sprzedaży – jednostka zakupu, • produkt dostępny w katalogu w formie reklamy, • produkt dostępny w sklepie internetowym w formie reklamy
P	Produkt dedykowany do przetargów	<ul style="list-style-type: none"> • produkt dostępny w okresie obowiązywania umowy przetargowej, może być spoza oferty dostawców 	<ul style="list-style-type: none"> • stan minimalny – ustalany pod warunki przetargu, • stan maksymalny – ustalany pod warunki przetargu, • jednostka sprzedaży – jednostka zakupu, • produkt w żaden sposób nie jest prezentowany w ofercie dla klientów innych niż przetargowi
U	Usługa		

Źródło: Materiał otrzymany ze Spółki Higma Service.

Pomocny w planowaniu wizyt i prezentacji przez handlowców jest moduł (*Kalendarz*), w którym można zapisać swoje zadania, tj. określonego przedstawiciela handlowego w danym miesiącu (ryc. 1.3.16).

Kalendarz		Moje zadania				
Lista zadań		Wrzesień 2015				
Raporty dzienne		Poniedziałek	Wtorek	Środa	Czwartek	Piątek
Kontrahenci		31	1	2	3	4
Produkty						
Promocje						
Zamówienia						
Prezentacje						
Reklamacje						
Oferty						
Pracownicy						
Wnioski urlopowe		7	8	9	10	11
Raporty						
Sprzedaż						
Powiadomienia						
Pliki						
Zgłoszenia serwisowe						
Raport nowych klientów		14	15	16	17	18
Zgłoszenie montażu				Wizyta Wizyta - spotkanie z klientem		line - program telefon line - spotkanie PH line - Hotel 3 *** Plan dsalad kontakt - Pizemak-Telefon

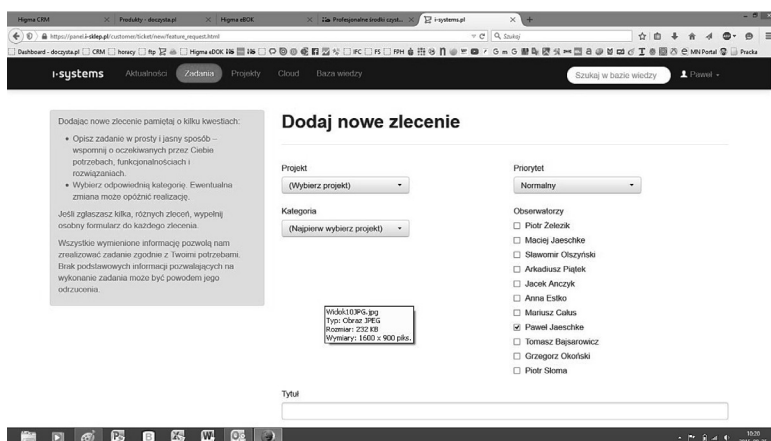
Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.16. Widok ekranu z fragmentem „Kalendarza” zadań

Ponadto po lewej stronie ekranu występują opcje dostępu do dużej gamy zestawień. Taka forma zapamiętywania jest wygodna w pracy handlow-

ców, a jednocześnie stanowi dogodne narzędzie czuwania przełożonych nad całością procesu komunikowania się i sprzedaży towarów odbiorcom.

W ramach obszernej funkcjonalności systemu wspomagania obsługi klientów Spółki Higma Service występuje też podsystem i-systems opracowany przez firmę softwarową o tej samej nazwie. Umożliwia on dodanie nowego zlecenia zakupowego na środki czystości i higieny, co można zrobić w określonym priorytecie i pod obserwacją pracowników Spółki Higma Service (ryc. 1.3.17).



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.17. Widok ekranu „Dodaj nowe zlecenie”

Należy podkreślić, że oprogramowanie i-systems raportuje wykonywane zadania modyfikujące wdrożone aplikacje projektowe w formie listy ze wskazaniem zgłaszającego, z podaniem w kolumnach następujących danych: identyfikator, tytuł, status, projekt, zmiany (ryc. 1.3.18).

Lista zadań

+ Dodaj zlecenie
+ Zgłoś błąd
+ Wsparcie

Sortuj wg ▾ Dodaj warunek 🔍

#	Tytuł	Status	Projekt	Zmiany
#32344	[Horacy] Harmonogram - eksport do XLS	Nowe	Horacy ERP	8 minut temu
#32243	[CRM] Raport sprzedaży w XLS - wyświetlanie danych	Nowe	Horacy ERP	20 godzin temu
#32016	[Horacy] Produkty do zaimportowania	Nowe	Horacy Service	2 dni temu
#31996	[CRM] Tworzenie oferty z cennika - edycja przed zatwierdzeniem	Nowe	Horacy ERP	2 dni temu
#31888	[Horacy] Import placówek pod kontrakt Clar System	Nowe	Horacy ERP	1 tydzień temu
#31975	[CRM] Dokumenty handlowe - problem z wyświetlaniem danych	Nowe	Horacy ERP	2 godzinny temu
#31889	Aktualizacja wersji PHP na serwerze Higma Service	Nowe	Horacy Service	1 dzień temu
#31612	błąd w EBok - ponownie	Nowe	Horacy Service	2 tygodnie temu
#31620	błąd w horacy	Nowe	Horacy Service	2 tygodnie temu

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.18. Widok ekranu rejestrowania wprowadzonych zmian do systemów aplikacji Higma Service ERP

Przyjrzyjmy się bliżej zamówieniu #32344 (ryc. 1.3.19) podanemu jako pierwsze na liście zadań, które dotyczy zrealizowanego 8 minut temu eksportu harmonogramu do formatu xls. Ponieważ symulowałem też (jako opracowujący ten projekt) pracę z pakietem HORACY, bez zadania odpowiedniego pliku do konwersji system oprogramowania, sygnalizuje on błąd. W systemie i-systems uwaga może się też pojawić w sytuacji wymaganej korekty w sekwencji kodu źródłowego (ryc. 1.3.19).

Błąd #32344

[Horacy] Harmonogram - eksport do XLS

Wystąpił problem z generowaniem harmonogramu. Przy ustawieniu kilku kontrahentów zestawienie tworzy się z niepełną liczbą placówek (dokładnie 52, z kilkuset przypisanych). Dodam, że analogiczną operację wykonujemy w przypadku Impel i to działa.

Sugeruję, że problem może wynikać z faktu pomijania placówek, które zostały wczytane poprzez import, a nie ręcznie. W załączeniu zrzut ekranu z pokazanymi warunkami, na jakich generujemy harmonogram.

Proszę o weryfikację.

Załączniki:

- harmonogram.jpg

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.19. Widok ekranu komunikatu z błędem podczas generowania harmonogramu

Klienci instytucjonalni mogą zgłaszać potrzeby poprzez pliki w formacie excelowym z rozszerzeniem (xls). Fragment zestawienia takich zamówień prezentuje rycina 1.3.20.

Nr zamówienia	Id placówki	Symbol kontrahenta	Imię i nazwisko zamawiającego	Email zamawiającego	Zamówienie istnieje?	Całkowita cena (netto)	Całkowita wartość (netto)	Opcje
10791426aaa 2016-09-27 11:51:26	9-510295_2113	ADDRESS	Jacke Skalski	j.skalski@clarsystem.pl	Tak 0000164810	49,50 zł	148,50 zł	☑ Szerepły ✗ Usun
10791426bbb 2016-09-27 12:24:12	9-510295_2113	ADDRESS	Jacke Skalski	j.skalski@clarsystem.pl	Tak 0000164814	49,50 zł	148,50 zł	☑ Szerepły ✗ Usun
1082842 2016-09-23 09:38:12	21-274187_1047	CLAR_SER	Marek Barłowski	m.barłowski@clarsystem.pl	Tak 0000165997	151,35 zł	488,79 zł	☑ Szerepły ✗ Usun
1082842 2016-09-23 11:29:04	21-274187_1047	CLAR_SER	Marek Barłowski	m.barłowski@clarsystem.pl	Tak 0000165997	151,35 zł	488,79 zł	☑ Szerepły ✗ Usun
1082856 2016-09-23 09:28:21	21-105505_2230	SQLOOM	Marek Barłowski	m.barłowski@clarsystem.pl	Tak 0000165998	35,98 zł	78,30 zł	☑ Szerepły ✗ Usun

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.20. Widok ekranu zamówienia zbiorczego w formacie arkusza kalkulacyjnego Excel

Na zakończenie tej części opisu wrywkowych możliwości oprogramowania eksploatowanego w Spółce Higma Service zamieszczono jeszcze wybrane przy współudziale przedstawiciela Spółki widoki ekranów wcześniej niezamieszczone. Pierwszy jest (*Formularz kontaktowy*) firmy (ryc. 1.3.21).

Formularz kontaktowy

Nazwa firmy	<input type="text"/>
NIP	<input type="text"/>
Ulica	<input type="text"/>
Numer domu	<input type="text"/>
Numer lokalu	<input type="text"/>
Kod pocztowy	<input type="text"/>
Miejscowość	<input type="text"/>
Osoba kontaktowa	<input type="text"/>
E-mail	<input type="text"/>
Telefon kontaktowy	<input type="text"/>

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.21. „Formularz kontaktowy” firmy

Fragment skróconej formy prezentacji produktów z opcjami, w tym z możliwością ich podglądu, reprezentuje rycina 1.3.22.

The screenshot shows a web application interface for a CRM system. The top navigation bar includes tabs for 'Produkty', 'Klienci', 'Zamówienia', 'Raporty', 'Trafici', 'Konfiguracja sklepu', 'Konfiguracja systemu', and 'CRM'. Below this is a sub-navigation bar with various filters and actions like 'Inteligentne grupy', 'Dostawcy', 'Zamówienia dostawców', 'Zamieniali produktów', and 'Importer cenników'. The main content area displays a list of products with columns for 'Zdjęcie', 'Nazwa', 'Symbol', 'Cena netto', 'W magazynie', and 'Opcje'. Three products are visible, all from the manufacturer 'STOCKHAUSEN':

Zdjęcie	Nazwa	Symbol	Cena netto	W magazynie	Opcje
	OKULARY OCHRONNE JACOBSON SAFETY V30 CALITO Producent: STOCKHAUSEN	PO404	53,82 zł	0 dostępni: 0	<input type="checkbox"/> Podgląd <input type="checkbox"/> Edytuj <input type="checkbox"/> Kopia <input type="checkbox"/> Usuń
	GOOGLE OCHRONNE MAXI-PRO Producent: STOCKHAUSEN	PO403	58,52 zł	0 dostępni: 0	<input type="checkbox"/> Podgląd <input type="checkbox"/> Edytuj <input type="checkbox"/> Kopia <input type="checkbox"/> Usuń
	GOOGLE OCHRONNE V-MAXI Producent: STOCKHAUSEN	PO402	45,18 zł	0 dostępni: 0	<input type="checkbox"/> Podgląd <input type="checkbox"/> Edytuj <input type="checkbox"/> Kopia <input type="checkbox"/> Usuń

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.22. Widok ekranu z opcjami prezentacji oferowanych towarów

Kolejny widok obejmuje zakres informacyjny wypełniany dla kontrahenta. W naszym przypadku ma tylko wypełnione domyślnie niektóre pola, tak jak zaprojektowano standardowo. Dostępny jest poprzez menu „Kontrahent – doczysta.pl”. Jak już nadmieniono, wstępna wersja informacji zapisana manualnie przez handlowca w karcie klienta podlega jeszcze sprawdzeniu i uzupełnieniu przez pracownika Biura Obsługi Klienta. Jego odpowiednik w formie dokumentu elektronicznego stanowią załączone dwa fragmenty widoków ekranów wywołane przez menu „Kontrahent – doczysta.pl” (ryc. 1.3.23 i 1.3.24).

The screenshot displays a web application interface for managing contractors. The main content area is titled 'Kontrahent' and contains a form for entering contractor details. The form is organized into two sections: 'Dane podstawowe' (Basic data) and 'Dane billingowe' (Billing data). In the 'Dane podstawowe' section, the 'Aktywny?' checkbox is checked, while 'Wymaga ubezpieczenia danych?' is unchecked. The 'Typ' dropdown menu is set to 'Bezkontraktowy'. Other checkboxes include 'Kontrahent Stowarzyszenie Unia', 'Alcja informacyjna', and 'Kontrahent doczysta.pl', all of which are currently unchecked. The 'Dane billingowe' section consists of several text input fields for 'Nazwa firmy', 'KOD', 'NIP', 'REGION', 'Ulica', 'Numer domu', 'Numer lokalu', 'Kod pocztowy', and 'Miejscowość'. A dropdown menu for 'Kraj' is set to 'Polska', and there is a 'Telefon' field at the bottom. The browser's address bar shows the URL 'dev.higma-service.pl/admin/contractor/new.html'. The top navigation bar includes various menu items such as 'Produkty', 'Klienci', 'Zamówienia', 'Raporty', 'Treści', 'Konfiguracja sklepu', 'Konfiguracja systemu', and 'CRM'. A secondary navigation bar below it lists specific contractor-related actions like 'Przedstawiciele Handlowi Producentów', 'Etykiety Adresowe', 'ARMS', 'Preliminarz', 'Oferty', and 'Pomagana'.

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.23. Widok ekranu danych podstawowych kontrahenta

Kontynuacją zakresu informacji o kontrahencie (klientie) jest fragment kolejnego widoku ekranu.

Fax

Pozostałe dane

Status wiarygodności

Posiada limit kredytu?

Tryb fakturowania

Posiada blokadę zamówień?

Grupa

Płatność

Termin płatności

Płatrak VAT?

Status

Typ współpracy

Może używać cen promocyjnych?

Pokazuj rabaty w fakturach?

Posiada limit przeterminowania płatności?

Indywidualne minimum logistyczne?

Klasyfikacja sprzedaży SCA

Zewnętrzny id

Uwagi

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.24. Widok ekranu informacji o kontrahencie cd.

Zakres informacyjny danych o dostawie według zamówienia w celu sporządzenia faktury VAT wywołany przez menu „Zamówienia–doczysta.pl” wynika z zamieszczonego widoku ekranu (ryc. 1.3.25).

Razem bez rabatu	239,35 zł	55,05 zł	294,40 zł
Rabat całkowity		0,00 %	
Razem z rabatem	239,35 zł	55,05 zł	294,40 zł
Do zapłaty	239,35 zł	55,05 zł	294,40 zł

Dane dostawy produktów

Imię: GMINNE GIMNAZJUM Z ODDZ. INTEGRACYJNYMI IM
 Nazwisko: _____
 Ulica: ŚW. JANA
 Numer domu: 33A
 Numer lokalu: _____
 Kod pocztowy: 43-220
 Miejscowość: BOJSZOWY
 Kraj: Polska

Dane do faktury VAT

Nazwa firmy: GMINNE GIMNAZJUM Z ODDZ. INTEGRACYJNYMI IM
 NIP: 6462484188
 Ulica: ŚW. JANA
 Numer domu: 33A
 Numer lokalu: _____
 Kod pocztowy: 43-220
 Miejscowość: BOJSZOWY
 Kraj: Polska

Dane kontaktowe

Imię: GMINNE GIMNAZJUM Z ODDZ. INTEGRACYJNYMI IM
 Nazwisko: _____

Dokumenty

RO: RO/3276/2015
 WZ: -
 FA: -

Podsumowanie

Do zapłaty: 294,40 zł
 Do zapłaty w walucie klienta: 294,40 zł
 Kurs w dniu zamówienia: 1,0000 zł
 Termin płatności: -
 Zapłacono: Nie
 Faktura VAT: Tak

Stany zamówienia

Status: Nowe zamówienie

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.3.25. Widok ekranu z szerszymi informacjami o zamówieniu

Obszerne są funkcjonalność oraz możliwości korzystania z dostępnych funkcji programowych w Biurze Obsługi Klienta Spółki Higma Service, i nie tylko w tym biurze. W zakresie danych część z biur korzysta z zasilania informacyjnego realizowanego przez wybrane moduły systemu wspomagania zarządzania Comarch ERP Optima. Z tego względu i na potrzeby informacyjne ewentualnych wdrożeń w innych małych i średnich obiektach gospodarczych zaprezentowane zostaną obszary działania zintegrowanego systemu Comarch ERP Optima.

1.3.4. Funkcjonalność pakietu standardowego Comarch ERP Optima

Oprócz systemu wspomagającego pracę z kontrahentami, tj. systemów Higma CRM i HORACY, centralne miejsce w systemie zintegrowanym Higma Service zajmuje przystosowany do funkcjonalności omawianego obiektu gospodarczego pakiet komercyjny Comarch ERP Optima²⁴. Nie wchodząc w obszerną funkcjonalność wymienionego pakietu, gdyż temat niniejszy obejmuje tylko wąski obszar udogodnień informatycznych dla

²⁴ Opracowanie oparto na fragmentach tekstów podanych na stronach internetowych.

Biura Obsługi Klienta, warto przedstawić główne moduły Comarch ERP Optima:

- „Księgowość”²⁵;
- „Książka Przychodów i Rozchodów”;
- „Pełna Księgowość” – księgowość kontowa;
- „Księga Handlowa Plus”;
- „Ewidencja Środków Trwałych”;
- „Płace i Kadry”.

W ramach Comarch ERP Optima występuje ponadto współpraca z systemem Biuro Rachunkowe²⁶. W skład pakietu wchodzi również aplikacja „e-Prawnik”. Handel i magazynowanie obsługują moduły o początku nazwy Comarch ERP Optima²⁷:

- „Faktury”;
- „Handel”;
- „Handel Plus”;
- „Detal”.

Wymienione moduły handlowe współpracują z Comarch ERP Optima „Kasa Bank”. Rozszerzeniem jest Comarch ERP Optima „Kasa Bank Plus”.

Comarch ERP Optima „Księgowość” obsługuje wszystkie formy księgowości – od ryczałtu i książki przychodów i rozchodów, aż po pełną księgowość, zwaną księgowością kontową.

Moduł Comarch ERP Optima „Księga Podatkowa” pozwala na obsługę księgową firmy rozliczającej się z fiskusem na podstawie księgi przychodów i rozchodów lub na podstawie ewidencji przychodów objętych zryczałtowanym podatkiem dochodowym oraz ewidencji wymaganych w przypadku płatników podatku od towarów i usług (rejestry VAT). Moduł „Księga Podatkowa” pozwala na prowadzenie:

- zapisów księgi przychodów i rozchodów;
- rejestrów VAT;
- ewidencji dodatkowej;
- ewidencji wynagrodzeń;
- rozliczenia ewidencji przebiegu pojazdu;
- spisu z natury;
- naliczenia zaliczek na podatek dochodowy;
- sporządzenia deklaracji podatkowych;
- możliwości wysyłania do systemu e-Deklaracji.

²⁵ [<http://www.comarch.pl/erp/comarch-optima/ksiegowosc/>], dostęp: 24.10.2015.

²⁶ [<http://www.iksiegowosc24.pl/>], dostęp: 24.10.2015.

²⁷ [<http://www.comarch.pl/erp/comarch-optima/handel-z-magazynem/>], dostęp: 24.10.2015.

W ofercie Comarch jest również księgowość kontowa. Comarch ERP Optima „Księga Handlowa” umożliwia firmie prowadzenie pełnej księgowości zgodnie z ustawą o rachunkowości. Moduł „Księga Handlowa Plus” stanowi rozszerzenie księgowości kontowej o:

- zakładanie oraz księgowanie na konta walutowe;
- opcję księgowania schematami księgowymi na konta walutowe;
- przeglądanie dekretów oraz obrotów i sald w walucie obcej oraz w walucie systemowej;
- generowanie przeszacowania walut.

Comarch ERP Optima „Środki Trwałe” kompleksowo obsługuje gospodarowanie środkami trwałymi, wartościami niematerialnymi i prawnymi oraz wyposażeniem dodatkowym.

Comarch ERP Optima „Płace i Kadry” obsługuje dział kadrowo-płacowy²⁸. Wymaga to ciągłego śledzenia zmieniających się przepisów prawa pracy i ubezpieczeń społecznych. Aplikacja wydatnie wspomaga obsługę kadrowo-płacową każdej firmy. Dzięki zaprojektowanym funkcjom praca jest zautomatyzowana, przez co minimalizowane jest niebezpieczeństwo pojawienia się błędu podczas wykonywania operacji. Moduł jest zintegrowany z programem „Płatnik”, co zapewnia wszystkie rozliczenia z ZUS-em. W ofercie jest także rozszerzona o dodatkowe możliwości wersja Comarch ERP Optima „Płace i Kadry Plus”.

Comarch ERP „e-Pracownik” to aplikacja do zarządzania czasem pracy i urlopami, współpracująca z modułem „Płace i Kadry” w Comarch ERP Optima. Z aplikacji Comarch ERP „e-Pracownik” można korzystać na komputerze, laptopie, tablecie oraz smartfonie. Od wersji Comarch ERP Optima 2015.2 wprowadzono możliwość korzystania z aplikacji Comarch ERP „e-Pracownik” w modelu usługowym zainstalowanej w „chmurze” Comarch. Zalety Comarch ERP „e-Pracownik” są następujące:

- interfejs dynamicznie dopasowujący się do rozmiaru ekranu komputera, tableta czy smartfona;
- pracownicy – możliwość wyszukiwania oraz filtrowania pracowników oparte na grupach: wszyscy podwładni, bezpośredni podwładni, wszyscy pracownicy;
- plan pracy – możliwość edycji pojedynczego dnia lub kilku dni;
- urlopy – możliwość zgłaszania i zatwierdzania urlopów;
- delegacje – możliwość zgłaszania i zatwierdzania delegacji;
- e-nieobecność – możliwość odnotowania informacji o dowolnej nieobecności pracownika;

²⁸ [<http://www.comarch.pl/erp/comarch-optima/place-i-kadry/>], dostęp: 24.10.2015.

- umowy cywilnoprawne – dostęp do aplikacji również dla osób, z którymi zostały zawarte m.in. umowy zlecenia, umowy o dzieło;
- potwierdzenia mailowe związane z wprowadzeniem i zatwierdzeniem urlopu czy delegacji.

Obszar handlu i magazynowania realizują moduły: Comarch ERP Optima „Faktury”, Comarch ERP Optima „Handel”. Moduł Comarch ERP Optima „Faktury” w prosty sposób umożliwia obsługę transakcji handlowych i jest przeznaczony dla firm usługowych²⁹. Dzięki pełnej integracji z pozostałymi modułami przepływ danych w programie jest niczym nieograniczony, co usprawnia obsługę rozliczeń handlowych oraz procesy księgowe. Moduł Comarch ERP Optima „Faktury” umożliwia:

- wystawienie faktur sprzedażowych i zakupowych;
- fiskalizację sprzedaży dla osób fizycznych;
- obsługę transakcji w złotych i w walutach obcych;
- wystawianie dokumentów korygujących (korekty: danych, ilości, wartości, ceny, stawki VAT, zbiorcza/rabat);
- sprzedaż/zakup ze standardowymi formami płatności (gotówka, przelew, kompensata), jak również zdefiniowanymi przez użytkownika programu;
- prowadzenie rejestru usług i kontrahentów.

Moduł Comarch ERP Optima „Handel” wspomaga sprzedaż i prowadzenie gospodarki magazynowej. Zawiera wszystkie funkcje modułu „Faktury”, a także gwarantuje pełną kontrolę procesów logistycznych prowadzonych w przedsiębiorstwie, umożliwiając efektywne zarządzanie towarami w magazynie. Dodatkowymi możliwościami tego modułu są:

- wystawianie różnorodnych dokumentów magazynowych;
- prowadzenie wielu magazynów jednocześnie;
- określenie metody rozliczania magazynu (FIFO, LIFO, AVCO);
- przeprowadzenie inwentaryzacji;
- obsługa prostej produkcji;
- obrót opakowaniami kaucjonowanymi;
- tworzenie deklaracji Intrastat;
- współpraca z Krajowym Rejestrem Długów w celu weryfikacji wiarygodności kontrahentów;
- wprowadzenie sprzedaży internetowej (współpraca z Comarch ERP „e-Sklep”, wszystko.pl);
- współpraca z aplikacją dla przedstawicieli handlowych Comarch ERP „Mobile Sprzedaż”;

²⁹ [<http://www.comarch.pl/erp/comarch-optima/handel-z-magazynem/>], dostęp: 7.11.2015.

- współpraca z czytnikami kodów kreskowych, kolektorami danych, drukarkami etykiet.

Wersję rozszerzoną stanowi moduł Comarch ERP Optima „Handel Plus”, który zawiera funkcje niezbędne w przypadku przedsiębiorstw prowadzących rozbudowaną gospodarkę magazynową.

Comarch ERP Optima „Detal” opracowany został dla punktów sprzedaży detalicznej. Umożliwia wystawianie paragonów oraz powiązanych z nimi faktur sprzedaży. Współpracuje z ekranami dotykowymi i czytnikami kodów kreskowych. Podczas prowadzenia sprzedaży prezentowany moduł jest zintegrowany z pozostałymi modułami Comarch ERP Optima. Na szczególną uwagę zasługuje współpraca modułów handlowych z modułem Comarch ERP Optima „Kasa Bank”. Wersja Comarch ERP Optima „Kasa Bank Plus” pozwala dodatkowo na:

- prowadzenie magazynu walut;
- rozliczanie delegacji krajowych;
- tworzenie rozbudowanej listy uprawnień i blokad.

Funkcjonalności systemu CRM uczyli się użytkownicy ze Spółki Higma Service pod kierunkiem specjalistów z firmy informatycznej i-systems z Gliwic. Jak już nadmieniałem, obecnie w Spółce występują systemy krótko nazywane jako: CRM, HORACY, OPTIMA COMARCH. W ramach ostatniego stosowane są moduły: „Księgowość”, „Płace i Kadry”, „Faktury” (obsługa posprzedażna). Systemem integracyjnym jest własna dedykowana Spółce aplikacja HORACY. CRM oraz i-system to, jak już wspominałem, produkty firmy o nazwie i-system z Gliwic³⁰.

Zapoznajmy się teraz z szerszymi możliwościami systemu i-systems. Internetowe okno ofertowe firmy i-systems wygląda tak:



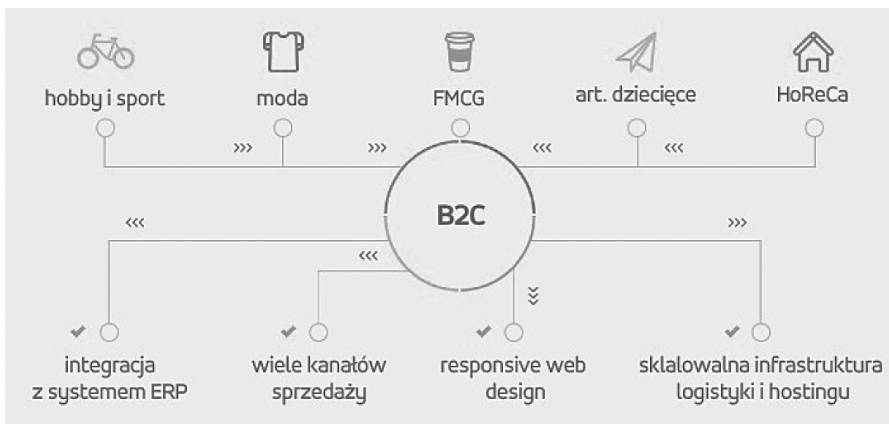
Już z okna głównego dowiadujemy się, że zakres oferowanych usług obejmuje:

- sklepy internetowe B2B;
- platformę B2B;
- mobile e-commerce;
- integrację z systemami ERP;

³⁰ [http://www.i-systems.pl/], dostęp: 24.10.2015.

- obsługę dużego ruchu;
- integrację kanałów sprzedaży.

Na uwagę zasługuje opracowywane jako dedykowane określone obiektowi oprogramowanie biznesowe Sklepy internetowe B2B dla jednostek zajmujących się handlem i dystrybucją. W wersji standardowej komercyjnie oprogramowanie zawiera wiele modułów konfigurowanych i wdrażanych według potrzeb inwestora systemu informatycznego. Ideę funkcjonowania tej aplikacji przedstawiono na rycinie 1.3.26³¹.



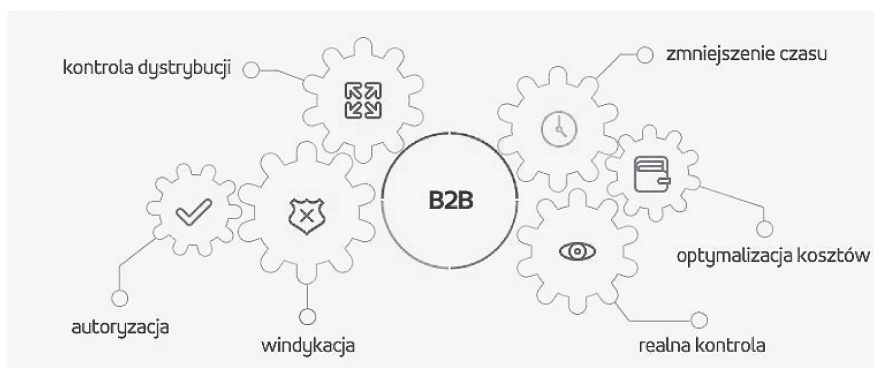
Źródło: [<http://www.i-systems.pl/>].

Ryc. 1.3.26. Przestrzeń współpracy aplikacji typu B2C (biznes–konsument)

We wcześniejszym opisie systemu zintegrowanego wdrożonego w Spółce Higma Service wspominałem o korzystaniu z tzw. platformy informatycznej. Taka platforma do komunikacji biznesowej typu B2B występuje również w ofercie producenta o nazwie i-systems. Platforma B2B stanowi swoisty system zarządzania siecią dystrybucji. Wspiera proces decyzyjny – od zaawansowanej analityki, weryfikacji planów, wykrywania obszarów nierentownej działalności po elementy automatyzujące działania sprzedażowe i marketingowe; model tego działania przedstawiono na rycinie 1.3.27³².

³¹ Ibidem.

³² Ibidem.



Źródło: [<http://www.i-systems.pl/>].

Ryc. 1.3.27. Przestrzeń współpracy aplikacji typu B2B

Nie zagłębiając się dalej we wszystkie szczegóły rozwiązań oferowanych przez producenta, tj. i-systems z Gliwic, warto jeszcze skupić się na integracji tych aplikacji programowych z systemami zarządzania klasy ERP. Z informacji internetowych producenta dowiadujemy się, że oferowane są gotowe rozwiązania do integracji wszystkich popularnych systemów, jak również można zamówić integrację ze stosowanym w danym obiekcie handlowym oprogramowaniem dedykowanym. Ilustracją spinania (integracji z otoczeniem informatycznym) jest zamieszczona rycina 1.3.28.

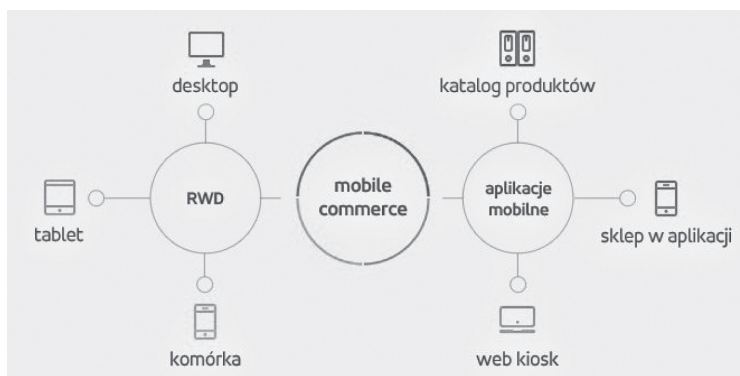


Źródło: [<http://www.i-systems.pl/>].

Ryc. 1.3.28. Przestrzeń współpracy systemu zintegrowanego klasy ERP

Sprzedaż *OmniChannel* odnosi się do rozwiązania informatycznego stanowiącego integrację w procesie sprzedaży wszystkich punktów, są to: sklepy *online*, infokiosk, sklep stacjonarny. Możliwość mobilną realizacji obejmuje również reklamacje. Klienci bowiem są zainteresowani zakupami od sprzedawców, których witryny internetowe są dostosowane

do wielu rodzajów urządzeń, w tym także przenośnych³³. Trzeba jeszcze wspomnieć o tzw. mobile e-commerce, czyli realizacji transakcji poprzez aplikacje mobilne. Ważne jest pełne zachowanie funkcjonalności aplikacji programowych niezależnie od urządzenia i wielkości ekranu, na jakim są wyświetlane. Ideę współpracy komponentów systemu integrującego różne typy urządzeń w handlu mobilnym przedstawiono na rycinie 1.3.29³⁴.



Źródło: [<http://www.i-systems.pl/>].

Ryc. 1.3.29. Realizacja transakcji poprzez aplikacje mobilne

Według [https://pl.wikipedia.org/wiki/Responsive_Web_Design] skrót RWD, czyli *Responsive Web Design* to technika projektowania strony WWW, tak aby jej wygląd i układ dostosowywał się automatycznie do rozmiaru okna urządzenia, na którym jest wyświetlany. Strona tworzona w takiej technice jest uniwersalna i wyświetla się dobrze zarówno na wielkich ekranach, jak i na ekranach smartfonów czy tabletów.

Pakiet CRM współpracuje także z systemem zintegrowanym Microsoft Dynamics ERP³⁵. Aplikacja o nazwie Aura CRM Suite umożliwia zarządzanie zasobami sprzedaży, gromadzenie i udostępnianie wiedzy o klientach, sterowanie ofertami i określanie szans sprzedażowych. Przykładowo w firmie eksploatującej wersję AX systemu Dynamics integracji podlegają takie obszary jak:

- produkty i ich stany magazynowe;
- kontrahenci wraz z ustalonymi dla nich warunkami sprzedaży;
- faktury i ich rozliczanie;
- zamówienia klientów.

³³ [<http://www.unity.pl/omnichannel/>], dostęp: 24.10.2015.

³⁴ [<http://www.i-systems.pl/>], dostęp: 24.10.2015.

³⁵ [<http://aurabusiness.pl/integracja-crm-z-microsoft-dynamics/?gclid=CLDXzvLbiMgCFQXiegodoXwIdw>], dostęp: 24.10.2015.

Na podkreślenie zasługuje automatyczność procesu integracji między aplikacjami Microsoft Dynamics ERP a Aura CRM Suite.

1.3.5. Możliwości usprawnienia systemów w obszarze Biura Obsługi Klientów

Zbierane materiały dotyczyły opracowania założeń projektowych dalszej modyfikacji eksploatowanych pakietów programowych w firmie Higma Service w Opolu. Przy przychylniej pomocy ze strony pracowników wymienionej firmy prace przeprowadzono z grupą studentów WSZiA w Opolu. Po rozmowie z przedstawicielem Firmy i niektórymi pracownikami z Działu Obsługi Klienta poproszono:

- o przesłanie materiałów od pracowników Działu Obsługi Klienta, uwzględniających uwagi, kopie ekranów i propozycję dodania lub zmiany położenia pól informacji itp.;
- sugestie rozwiązań informatyka – koordynatora procesu bieżącej modyfikacji, odnośnie do wprowadzenia dalszych udogodnień w korzystaniu z systemów OPTIMA, HORACY, INTEGRATOR i innych.

Po spotkaniu prowadzącego zespół studentów z WSZiA w Opolu z przedstawicielem firmy Higma Service tenże skierował na drodze elektronicznej prośbę do kompetentnych pracowników związaną z tematem: „Projekt analizy podwdrożeniowej wybranych elementów działalności logistycznej (na przykładzie Biura Obsługi Klienta)” ze szczególnym uwzględnieniem interfejsu – ekranów wejściowych użytkowników. Określony został termin przesłania uwag i spostrzeżeń mających usprawnić operacje korzystania z oprogramowania systemu komputerowego. Uwagi napływały na bieżąco, internetowo, do prowadzącego zespół studentów. Zestawienie uwag i zaleceń podano w tabeli 1.3.2.

Tabela 1.3.2

Propozycje usprawnień interfejsu użytkowników w eksploatowanych programach w zakresie potrzeb Biura Obsługi Klienta (w brzmieniu podanym przez zgłaszających)

Poz.	Zgłaszający (stanowisko, e-mail)	Lp.	Opis
I	Referent w Biurze Obsługi Klienta	1	Propozycja odnośnie do funkcjonowania – sposobu zakładania eboków i sprawdzania ich aktywności. W zakładce CRM – e-DOK nie ma opcji sortowania według (<i>Daty ostatniego zamówienia</i>). Ułatwiło by to weryfikację – kto ostatnio był aktywny w składaniu zamówień przez Elektroniczne Biuro Obsługi Klienta. Jedynie jest opcja sortowania: po ilości zamówień.
		2	W zakładce zamówienia: „Nowe zamówienie” lub: „Przyjęto brak produktu” w oknie głównym. Przydatne będzie, żeby był widoczny przedstawiciel handlowy który obsługuje danego klienta.

Poz.	Zgłaszający (stanowisko, e-mail)	Lp.	Opis
		3	Aktualizacja „Cennika” dla klientów, dla których cennik – jest kontraktem. W systemie jest takie utrudnienie: gdy handlowiec chce zmienić niektóre ceny produktów u klienta kontraktowego – po stworzeniu cennika – zaktualizowanie jego nie powoduje zmiany ceny w kontrakcie – trzeba je ręcznie poprawiać u klienta (robi to osoba w Biurze Obsługi Klienta). W przypadku klientów, którzy mają cenniki, każda zmiana cen u klientów – po stworzeniu oferty przez handlowca i zaktualizowaniu cennika – powoduje automatycznie zmianę w cenniku; ta opcja jest wygodna, bowiem nie dodaje pracy osobom w Biurze Obsługi klienta. Rozwinięcie uwag stanowią załączniki – widoki ekranów 1–3.
II	Administrator baz danych	1	Zalecenia według załącznika 4.

Źródło: Materiały z firmy Higma Service Sp. z o.o. otrzymane drogą e-malową.

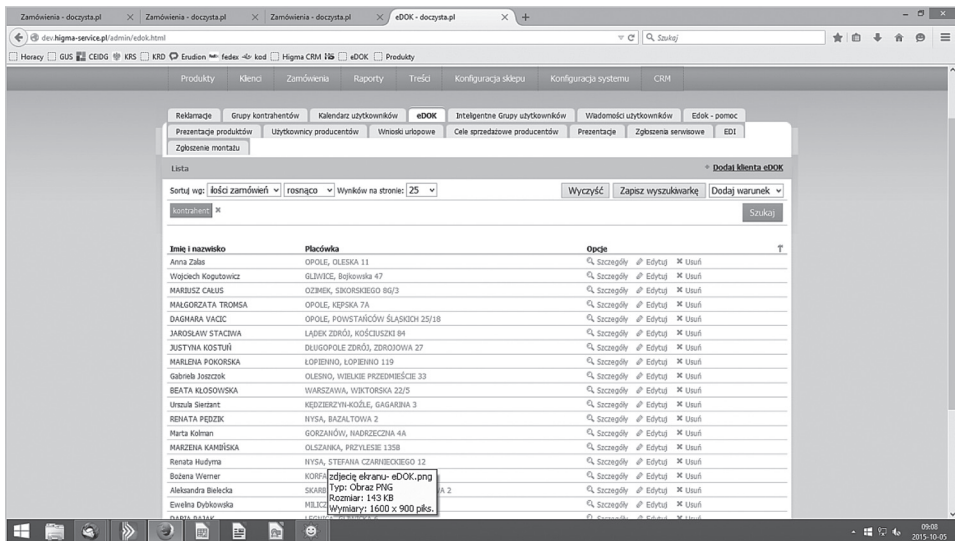
Załączniki

The screenshot shows a web application interface for managing offers. The main content area is divided into several sections:

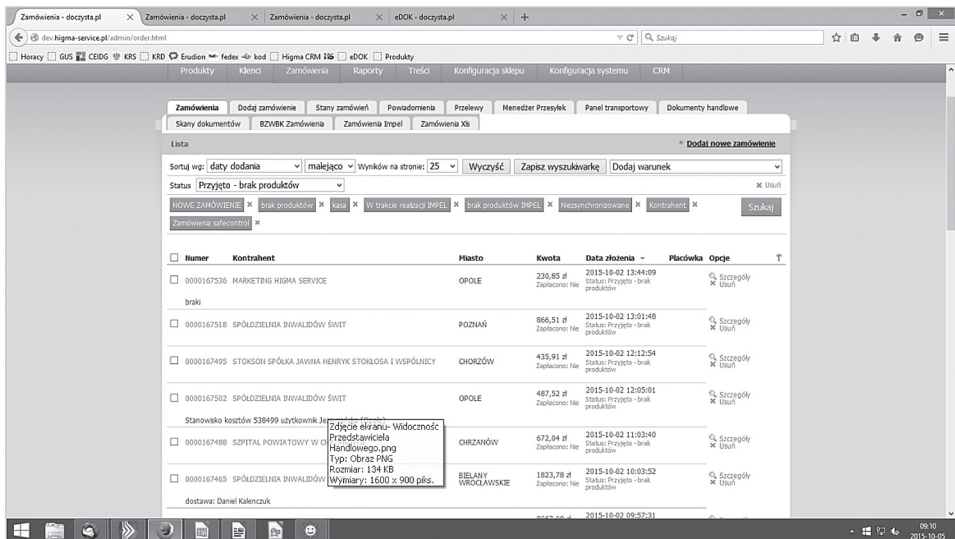
- Summary of offer:**
 - Typ: T04 - oferta uzupełniająca
 - Kontrakt: AKS10316.0.0.ROZCENNIK_A.ROZCENNIK
 - Bez rabatów: 538.00 #
 - Rabat całkowity: 23.84 %
 - Termin płatności: 7 dni
 - Zahwytowana: Tak
 - Wykryta: Nie
 - Utworzona przez: POCIE SLOMA
 - Data utworzenia: 2013-12-12
- Default values of the offer (PDF):**
 - Pokaż ceny netto: Tak
 - Pokaż ceny brutto: Nie
 - Pokaż rabaty: Nie
 - Dodatkowe treści: Nie
- Products table:**

Nazwa produktu	Symbol	Cena	Rabat	Cena z rabatem	Ilość	Razem
RECZNIK W SZARZCE 22 TORX ADVANCED CLASSIC HOL...	29032	76.00 #	34.23 %	50.00 #	1	50.00 #
PAPER TOILETOWY W ROLCE JUMBO ROLL MINI JUMBO...	62078	61.00 #	30.00 %	42.70 #	1	42.70 #
PAPER TOILETOWY W ROLCE JUMBO ROLL MINI JUMBO...	62075	65.00 #	27.00 %	47.55 #	1	47.55 #
TORX CZYŚCIVO PAPEROWE DO PODSTAWOWYCH ZADAŃ...	59032	75.00 #	27.25 %	54.56 #	1	54.56 #
TORX CZYŚCIVO PAPEROWE DO PODSTAWOWYCH ZADAŃ...	59038	88.00 #	33.00 %	58.80 #	1	58.80 #
TORX CZYŚCIVO PAPEROWE DO PODSTAWOWYCH ZADAŃ...	59035	25.00 #	30.00 %	17.50 #	1	17.50 #
TORX CZYŚCIVO PAPEROWE DO PODSTAWOWYCH ZADAŃ...	59033	32.00 #	30.00 %	22.40 #	1	22.40 #
TORX CZYŚCIVO PAPEROWE DO ŚREDNICH ZABURZEŃ...	18003	36.00 #	20.00 %	28.80 #	1	28.80 #
TORX CZYŚCIVO PAPEROWE DO PODSTAWOWYCH ZADAŃ...	90013	65.00 #	27.00 %	47.55 #	1	47.55 #
Do łączy:						377,23 #

1. Widok ekranu – aktualizacja ofert

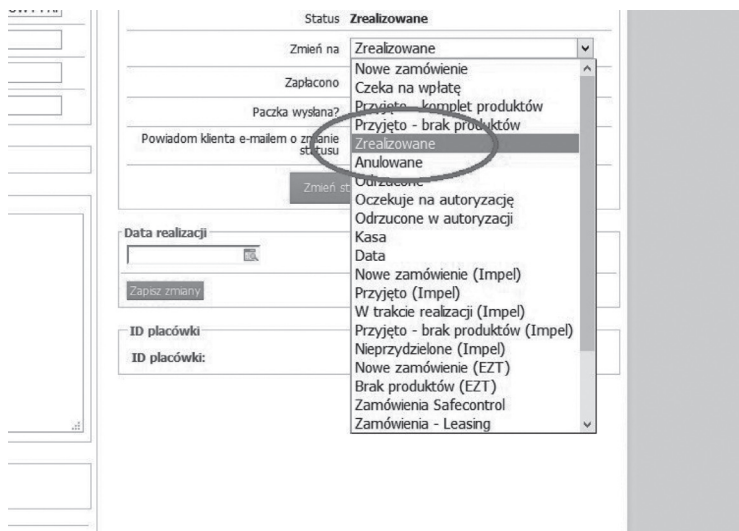


2. Widok ekranu eDOK



3. Widok ekranu – widoczność przedstawiciela handlowego

* * *



4. Uwagi administratora baz danych

Lp.	Produkt	j.m.	Cena netto bez rabatu	Rabat	Cena netto z rabatem	Ilość	Wartość netto	VAT	Kwota VAT	Wartość brutto
1	TANA TANEX PRIMUS 10L Symbol: 136797	kanister	97.0000	0,00 %	97.0000	1	97.0000	23,00 %	22.3100	119.3100
2	TANA GLASS CLEANER 5L Symbol: 712469	kanister	26.5000	0,00 %	26.5000	1	26.5000	23,00 %	6.0950	32.5950
3	TANA TANET SR 15 5L Symbol: 712480	kanister	31.5000	0,00 %	31.5000	1	31.5000	23,00 %	7.2450	38.7450
4	TANA TASONIL ULTRA FRESH 10L Symbol: 1106153	kanister	65.0000	0,00 %	65.0000	1	65.0000	23,00 %	14.9500	79.9500
5	TANA BR 75 1L Symbol: 1104793	butelka	12.5000	0,00 %	12.5000	2	25.0000	23,00 %	5.7500	30.7500
6	Dostawa: Kurier	usługa	0.0000	0,00 %	0.0000	1	0.0000	23,00 %	0.0000	0.0000
Rabat całkowity									0,00 %	
Do zapłaty										301.3500

Nazwa lub symbol

Kategoria

a) „Anulowanie zamówienia” znajduje się bezpośrednio przy „Zrealizowane zamówienie”. Łatwo o pomyłkę i wybranie całkiem odwrotnej funkcji, niż zamierzona.

Proponowane rozwiązanie: zmiana kolejności,

Produkty Klenci Zamówienia Raporty Treści Konfiguracja sklepu Konfiguracja systemu CRM

Zamówienia Dodaj zamówienie Stany zamówień Powiadomienia Przelewy Menedżer Przesyłek Panel transportowy Dokumenty handlowe

Skany dokumentów BZWBK Zamówienia Zamówienia Irpael Zamówienia Xs

Zmiana sposobu transportu i płatności

Obecne ustawienia transportu i płatności

Razem bez rabatu 301,35 zł
 Razem z rabatem 301,35 zł
 Dostawa Kurier; 6,56 zł: 48h
 Płatność Przelew; 0,00 %
 Minimum logistyczne --

Dostępne opcje transportu i płatności

Nazwa	Czas dostawy
Kurier	48h
<input checked="" type="radio"/> Przelew Cena: 0,00 zł	
<input type="radio"/> Płatność przy odbiorze Cena: 0,00 zł	
<input type="radio"/> Gotówka Cena: 0,00 zł	
Transport własny - 1	1 dzień roboczy
<input type="radio"/> Przelew Cena: 0,00 zł	
<input type="radio"/> Płatność przy odbiorze Cena: 0,00 zł	
<input type="radio"/> Gotówka Cena: 0,00 zł	

Termin płatności: 45 dni

Zmień Anuluj

b) Dodawanie produktu z poziomu edycji „Zamówienia” powoduje pojawienie się go, lecz w cenie katalogowej, a nie zgodnej z warunkami dla danego klienta.

Proponowane rozwiązanie: modyfikacja systemu w taki sposób, aby uwzględniał warunki handlowe również przy edycji zamówienia.

Zamówienie: **0000167624**

Lp	Nazwa towaru lub usługi	J.m.	Ilość	Cena bez rab. brutto	Rabat	Cena z rab. brutto	Wartość netto	Kwota VAT	Wartość brutto
1	TANA GLASS CLEANER 5L Symbol: 712469	szt.	1	32,60	0,00%	32,60	26,50	6,10	32,60
2	TANA TANET SR 15 SL Symbol: 712480	szt.	1	38,75	0,00%	38,75	31,50	7,25	38,75
3	TANA SR 75 1L Symbol: 1104793	szt.	1	15,38	0,00%	15,38	12,50	2,88	15,38
4	TANA TASONIL ULTRA FRESH 1L Symbol: 406154	szt.	2	9,23	0,00%	9,23	15,00	3,45	18,45
5	TANA AZ 70 1L Symbol: 404083	szt.	1	8,00	0,00%	8,00	6,50	1,50	8,00
Razem bez transportu									113,16
6	Dostawa: Kurier	usługa	1	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00
Razem bez rabatu									113,16
Razem z rabatem									113,16

Dane do wysyłki

Imię i nazwisko	HL DISPLAY MIDDLE EUROPE RSC SP.ZO.O. (TULSPAN PARK)
Adres	J.N. JEZIORAŃSKIEGO 39
Miejscowość	44-100 GLIWICE
Kraj	Polska

Dane do faktury

Nazwa firmy	AGENCJA OCHRONY OSOB I MIENIA "GARDA" SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ
NIP	6371097876
Adres	MODRZEWIOWA 7
Miejscowość	41-219 SOSNOWIEC
Kraj	Polska

Dane kontaktowe

Imię i nazwisko	KATARZYNA JARZĄBEK
E-mail	katarzyna.jarzabek@7wl.pl
Telefon	782705291

Uwagi klienta

<brak>

Podsumowanie

Do zapłaty	113,16 zł
W miejsce klienta	113,16 zł
Kurs w dniu zamówienia	1,00 zł = 1,0000 zł
Faktura VAT	TAK
Dostawa	Kurier
Koszt dostawy	0,00 zł
Sposób płatności	Przelew
Data zamówienia	2015-10-05 09:11:58

Dane regionalne

Język używany podczas zamówienia	Polski / pl
Waluta używana podczas zamówienia	PLN / zł

Stan zamówienia

Status	Brak produktów (EZT)
Zapłacono	NIE
Wysłano paczkę	NIE
Numer nadania	<nle podano>
Data nadania	<nle podano>

c) Zmiana terminu płatności na wprowadzonym już zamówieniu nie zawsze jest przenoszona we właściwy sposób do systemu Optima. Po wy-

konaniu tej operacji z reguły w systemie Optima pozostaje dotychczasowa forma płatności. Czasami ona się zmienia, lecz na niewłaściwą. W niewielkim procencie przypadków operacja kończy się powodzeniem.

Proponowane rozwiązanie: aktualizacja Integratora w taki sposób, aby właściwie poprawiał dane dotyczące formy płatności na wprowadzonych już zamówieniach.

d) Brak aktualizacji warunków handlowych, gdy klient ma kontrakt. W systemie istnieją dwa rodzaje warunków handlowych: cennik oraz kontrakt. W drugim przypadku stworzenie oferty dla klienta przez przedstawiciela handlowego nie powoduje aktualizacji cen.

Proponowane rozwiązanie: modyfikacja systemu w taki sposób, aby opracowane oferty zawsze powodowały aktualizację warunków handlowych niezależnie od tego, czy klient ma cennik czy kontrakt.

e) Generowanie specyfikacji zamówień

Obecnie specyfikacja zamówień nie zawiera kompletnych danych, co może dezinformować klienta

Proponowane rozwiązanie: generowanie zamówień powinno zostać zmodyfikowane o następujące parametry:

- usunięcie nagłówka „dane kontaktowe”,
- usunięcie nagłówka „uwagi klienta”,
- usunięcie nagłówka „podsumowanie”,
- usunięcie nagłówka „dane regionalne”,
- w nagłówku „status zamówienia” pozostawienie jedynie pola „status”,
- dodanie nagłówka „uwagi administratora”

– są to informacje dodane ręcznie przez osobę realizującą zamówienie, np. dostawa w inne miejsce, niższe koszty (odbiorca) wybrane przez klienta, zamiary na osobę odbierającą itp.;

- dodanie pola „zamówienie zewnętrzne” – numer zamówienia klienta,
- dodanie pola „ID placówki” – numer zlecenia klienta.

Ponadto należy dodać możliwość generowania specyfikacji w dwóch wersjach: z cenami oraz bez cen.

* * *

Ze względu na szybki proces unowocześniania techniki informacyjnej czas życia aplikacji programowych szacuje się na dziesięć lat, a świeżości technicznej sprzętu informatycznego na około pięć lat. Podejmując temat analizy powdrożeniowej kilku znaczących pakietów wzajemnie zintegro-

wanych, oczekiwano wielu uwag. Tymczasem, dzięki zastosowanej przez Spółkę Higma Service procedurze i osób odpowiedzialnych za bieżące czuwanie nad doskonaleniem eksploatowanych modułów, liczba wyłonionych uwag dodatkowych przez samych pracowników z Działu Obsługi Klienta była nieznaczna. Oczywiście, gdyby badaniem objąć pełną strukturę organizacyjną korzystającą z informatyki, spostrzeżeń byłoby wiele więcej.

Jednak analiza powdrożeniowa wykazała celowość corocznej globalnej oceny efektywności i adekwatności wdrożonych funkcjonalności systemów. Pozwala to bowiem na odważniejsze podejście pracowników i utożsamianie się z narzędziem pracy, z którym pracują. Jest to niewątpliwie także impuls do znalezienia istotnych błędów w algorytmach rozwiązań standardowych. Tak więc okresowa analiza powdrożeniowa systemu zintegrowanego klasy ERP jest korzystna zarówno dla firmy eksploatującej, jak i producenta oprogramowania, gdyż następnemu klientowi może on dać lepsze rozwiązanie referencyjne.

1.4. Systemy zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie

1.4.1. Wprowadzenie

Podjęcie ryzyka biznesowego jest elementem działalności gospodarczej. Zgodnie z powszechnie przyjętymi definicjami ryzyko może być określone jako kombinacja prawdopodobieństwa zdarzenia i jego konsekwencji, które mogą nastąpić i wpłynąć pozytywnie lub negatywnie na osiągnięcie celów biznesowych i realizację strategii firmy. Zintegrowany system zarządzania ryzykiem korporacyjnym jest narzędziem, które to określone zadanie pozwala realizować sprawniej. W tym kontekście do celów zarządzania ryzykiem, wyrażonym przez oczekiwaną stopę zwrotu, należy zaliczyć ograniczenie strat, zwiększenie przychodów lub marży. Niezależnie od przyjętych celów wdrożenie kompleksowego systemu zarządzania ryzykiem związane jest z wprowadzeniem rozwiązania opartego na: systematycznym podejściu do identyfikacji, kategoryzacji, wartościowaniu i optymalizacji wszystkich grup ryzyka, na jakie narażone jest przedsiębiorstwo budujące wartość firmy.

Wdrażaniem aplikacji informatycznych z zakresu zarządzania ryzykiem zajmuje się szereg firm doradczych, które prowadzą nie tylko tę specjalność. Jedną z największych na świecie jest KPMG³⁶. Świadczy ona takie usługi jak: audyt, doradztwo podatkowe, doradztwo gospodarcze. Jest międzynarodową spółdzielnią osób prawnych zarejestrowana w Szwajcarii, która zatrudnia ponad 155 000 osób w 155 państwach, w tym ponad 1200 osób w Polsce. KPMG dorównuje rangą firmom audytorsko-doradczym, z których należy wymienić: PwC, Ernst&Young, Deloitte. Główne obszary świadczonych usług przez KPMG są następujące:

- badanie sprawozdań finansowych;
- usługi księgowe, administracji płacowo-kadrowej;
- doradztwo: podatkowe, prawne, europejskie, finansowe, transakcyjne, gospodarcze.

³⁶ [<https://pl.wikipedia.org/wiki/KPMG>], dostęp: 24.10.2015; [<http://www.kpmg.com/pl/pl/services/advisory/ryzyko-i-zgodnosc/zarządzanie-ryzykiem-w-przedsiębiorstwie-enterprise-risk-management/strony/default.aspx>], dostęp: 24.10.2015.

Oceniając proces zarządzania ryzykiem, KPMG jako punkt odniesienia stosuje własną metodykę zarządzania oraz zewnętrzne standardy, w szczególności:

- „Zarządzanie ryzykiem korporacyjnym – zintegrowana struktura ramowa” (*Enterprise Risk Management — Integrated Framework*), materiał opracowany przez The Committee of Sponsoring Organizations of The Treadway Commission (COSO);

- Dobre praktyki spółek notowanych na GPW.

COSO to organizacja sektora prywatnego z siedzibą w Stanach Zjednoczonych, której głównym celem jest przekazywanie podmiotom zarządzającym: etyki biznesu, zasad kontroli wewnętrznej i sprawozdawczości finansowej, sprawnego zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie, sposobów wykrywania oszustw. COSO ustanowiła wspólny wewnętrzny model kontroli, na podstawie którego firmy i organizacje mogą ocenić swój system kontroli³⁷.

W trakcie wielu lat świadczenia usług związanych z zarządzaniem ryzykiem w przedsiębiorstwach, KPMG wypracowało i z powodzeniem stosuje swoją metodykę, która jest odpowiedzią na potrzeby organizacji działających w zmiennym otoczeniu, wymagających opracowania elastycznego, efektywnego i skutecznego procesu zarządzania wszystkimi istotnymi ryzykami występującymi na różnych poziomach zarządzania przedsiębiorstwem lub korporacją. Całościowy system zarządzania ryzykiem opiera się na kompleksowej mapie ryzyka i obejmuje: nadzór nad zarządzaniem ryzykiem, proces oceny ryzyka, agregowanie i kwantyfikację ryzyka, raportowanie i monitoring ryzyka, optymalizację wykorzystania mechanizmów kontrolnych służących ograniczeniu ryzyka.

1.4.2. Katalog korzyści z wprowadzenia systemu ERM

Według informacji internetowej KGHM Polska Miedź SA wdrożyła system ERM³⁸. Skrót ten jest jeszcze mało znany w Polsce w odniesieniu do zarządzania ryzykiem korporacyjnym. KGHM jest jedną z największych polskich spółek Skarbu Państwa. Jako spółka strategiczna jest czołowym producentem miedzi i srebra rafinowanego na świecie³⁹. Jest szóstym producentem miedzi elektrolitycznej (około 500–550 tys. ton) oraz pierwszym

³⁷ [https://pl.wikipedia.org/wiki/Committee_of_Sponsoring_Organizations_of_the_Treadway_Commission], dostęp: 24.10.2015.

³⁸ [<http://prnews.pl/analizy/katalog-korzysci-z-wprowadzenia-systemu-erm-w-spolce-54896.html>], dostęp: 24.10.2015.

³⁹ [https://pl.wikipedia.org/wiki/KGHM_Polska_Mied%C5%BA], dostęp: 24.10.2015.

co do wielkości wytwórcą srebra na świecie (około 1260 ton srebra rafinowanego w 2011 r.). W mniejszych ilościach KGHM produkuje także złoto, koncentrat palladu i platyny, ołów i inne metale. Spółka wydobywa także sól kamienną, a głównymi produktami są: miedź rafinowana (katodowa), walcówka miedziana (do produkcji kabli i drutów), wlewki okrągłe i srebro rafinowane.

Decydując się na wprowadzenie systemu zarządzania ryzykiem, członkowie organów określonej spółki powinni przeanalizować przynajmniej podstawowe korzyści, jakich mogą oczekiwać. Jednak zarządowi przed następnym posiedzeniem przeważnie przedstawia się tylko rejestr zhierarchizowanych ryzyk w poszczególnych obszarach działalności. Tymczasem teoretycznie zakres korzyści, jakie daje wdrożony pomyślnie wysokiej jakości system zarządzania ryzykiem korporacyjnym jest szerszy. Trzeba tu wymienić stosowanie znacznie bardziej inteligentnego procesu podejmowania wielu decyzji. Dobry bowiem system pozwala na analityczne uchwycenie problemów, które bardzo trudno jest opisać liczbowo, jak również ocenę ryzyka w przyszłości. W takiej sytuacji zarząd korzysta z analiz statystycznych, które z określonym poziomem ufności wskazują na najbardziej trafne decyzje. Przy podejmowaniu decyzji zarząd może się oprzeć na analitycznie prognozowanych danych. W efekcie proces podejmowania decyzji jest znacznie bardziej obiektywny.

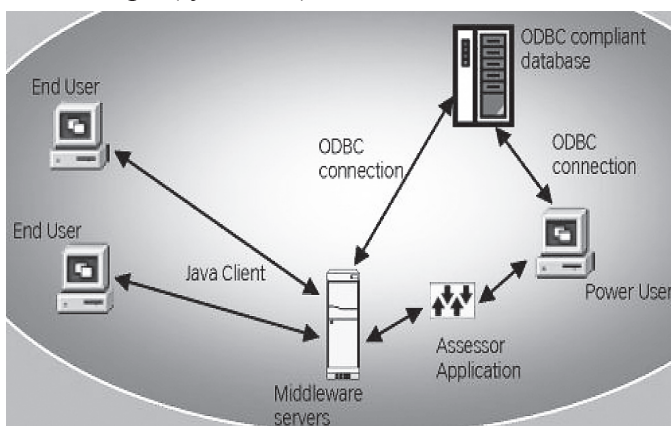
W systemie klasy ERM opracowywane są prognozy finansowe, budżety oraz przepływy uwzględniające ryzyka na wszystkich poziomach organizacji. Pozwala to spokojnie ustalić bonusy roczne, zmniejszenie kosztów związanych z ubezpieczeniami działalności operacyjnej lub inwestycyjnej. Dysponując systemem zarządzania ryzykiem, możemy wykazać firmom ubezpieczeniowym, że płacone do tej pory składki nie są już adekwatne do ubezpieczanych ryzyk. Mając pracujący w czasie rzeczywistym system zarządzania ryzykiem, jesteśmy w stanie wynegocjować lepsze warunki zaciągnięcia kredytu.

W systemie ERM występuje funkcja RAROC (*Risk Adjusted Return On Capital*), umożliwiająca ocenę zwrotu z zainwestowanego kapitału z uwzględnieniem podstawowego ryzyka. Zarząd otrzymuje kompletne analizy różnych scenariuszy, wraz z ewentualnymi ryzykami szczegółowymi. W każdym z wariantów powinien być przedstawiony możliwy zbiór rozwiązań z podaniem współczynników ufności. Trzeba dodać, że stosowanie odpowiednich mechanizmów zarządzania ryzykiem umożliwia zarządowi obronę podjętej decyzji przed inwestorami oraz organami zewnętrznymi. Wysokiej jakości system zarządzania ryzykiem korporacyjnym wspomaga zaangażowanie się w duże przedsięwzięcie inwestycyjne. System taki stanowi udogodnienie dla pracowników z obszarów: audytu, projektów, kon-

trolingu, procesów, ubezpieczeń, strategii, finansów, marketingu, sprzedaży, IT. Wymienione zalety systemu ERM dają wiele udogodnień – członkowie zarządu mogą być również zdalnie informowani o sytuacjach krytycznych, kontrolować przebieg projektu, monitorować w czasie rzeczywistym cały proces zarządzania możliwymi ryzykami cząstkowymi.

1.4.3. Systemy informatyczne klasy ERM

Systemy informatyczne tworzące ERM to specjalistyczne, najczęściej dedykowane pakiety wspierające system korporacyjnego zarządzania ryzykiem⁴⁰. Występuje ponad 20 znaczących komercyjnych pakietów wspomagających zarządzanie ryzykiem⁴¹. Programy są uformowane tak, aby spełniały wymogi prawne, standardy, zalecenia lub dobre praktyki – narodowe lub międzynarodowe. Do znanych należą: SOX, Basel II, ISO17799, COSO, Turnbull, AS/NZS 4360. Stosowane są również: ASX Guidelines (Australia), Cobit, COSA oraz COCO (Kanada), HIPAA, Bill C6 (PIPE-DA) oraz Gramm-Leach-Bliley (Kanada), King Report (RPA). W większości oprogramowanie sprzedawane jest dla różnej liczby użytkowników, złożoności, np. rozwiązania klient/serwer. Złożone pakiety oparte są na technologii ODBC (*Open Database Connectivity*) lub rozwiązaniach bazujących na sieci internetowej dla wielu rozproszonych użytkowników z różnymi prawami dostępu (ryc. 1.4.1).



Źródło: [<http://ryzyko.blox.pl/2008/09/Systemy-informatyczne-wspierajace-procesy-ERM.html>].

Ryc. 1.4.1. Konfiguracja systemu rozproszonego

⁴⁰ [<http://ryzyko.blox.pl/2008/09/Systemy-informatyczne-wspierajace-procesy-ERM.html>], dostęp: 24.10.2015.

⁴¹ [<http://www.kpmg.com/pl/pl/services/advisory/ryzyko-i-zgodnosc/zarzadzanie-ryzykiem-w-przedsiębiorstwie-enterprise-risk-management/strony/default.aspx>], dostęp: 24.10.2015.

Wymieniono tu szereg terminów, z których część wyjaśniono na podstawie opisów internetowych.

Audyt wewnętrzny. Niezależna działalność doradcza i weryfikująca, której celem jest usprawnienie operacyjne organizacji i wniesienie do niej wartości dodanej. Audyt wewnętrzny pomaga danej organizacji w osiągnięciu jej celów przez systematyczne i metodyczne podejście do oceny i doskonalenia skuteczności procesów zarządzania ryzykiem, kontroli i zarządzania organizacją⁴².

SOX. Ustawa Sarbanesa-Oxleya uchwalona przez Kongres Stanów Zjednoczonych 30 lipca 2002 roku, regulująca praktyki finansowe i ład korporacyjny⁴³. SOX znacznie zaostrza wymogi niezależności wobec kluczowych graczy na rynku finansowym oraz podnosi na bardzo wysoki poziom wymagania w zakresie efektywności kontroli wewnętrznej podmiotów zarejestrowanych w United States Securities and Exchange Commission (SEC). Wprowadza wymóg dodatkowych ujawnień dokonywanych przez zarząd dotyczących efektywności systemu kontroli wewnętrznej. Nakłada obowiązek kontroli jakości usług audytorskich, dodatkowe sankcje (finansowe i karne) na władze spółek w przypadku wykrycia błędów w sprawozdaniach finansowych oraz wprowadza bezwzględny wymóg niezależności audytora.

Basel II. Tak nazwano Nową umowę kapitałową; to zrewidowana wersja powstałej w 1988 r. Umowy kapitałowej, dotyczącej struktury oceny adekwatności kapitałowej instytucji finansowych. Intencją Nowej umowy kapitałowej jest wzmocnienie bezpieczeństwa i stabilności międzynarodowego systemu bankowego oraz poprawa sposobu określania wymogów kapitałowych banku w zależności od poziomu ponoszonego ryzyka i rozmiarów prowadzonej działalności⁴⁴.

ISO 17799. Norma ta wywodzi się z brytyjskiego standardu bezpieczeństwa BS 7799. Stanowi zestaw wskazówek do wdrożenia i utrzymania bezpieczeństwa informacji w przedsiębiorstwie. Norma ISO 17799 wspomaga procesy organizacyjne, umożliwiając podwyższenie bezpieczeństwa informacji i kontrolując obszary zwiększonego ryzyka⁴⁵.

AS/NZS 4360. Dokument z roku 2004 opisujący zarządzanie ryzykiem. W roku 2009 został zastąpiony normą; traktowany jest jako ogólny poradnik w procesach zarządzania ryzykiem w obiekcie⁴⁶.

⁴² [https://pl.wikipedia.org/wiki/Audyt_wewn%C4%99trzny], dostęp: 24.10.2015.

⁴³ [https://pl.wikipedia.org/wiki/Ustawa_Sarbanesa-Oxleya], dostęp: 24.10.2015.

⁴⁴ [https://pl.wikipedia.org/wiki/Basel_II], dostęp: 24.10.2015.

⁴⁵ [http://www.mfiles.pl/pl/index.php/ISO_17799], dostęp: 24.10.2015.

⁴⁶ [http://www.microsofttranslator.com/bv.aspx?ref=SERP&br=ro&mkt=pl-PL&dl=pl&lp=EN_PL&a=http%3a%2f%2fwww.asx.com.au%2fabout%2fcorporate-governance.htm], dostęp: 24.10.2015.

ASX. Powstała w 2005 roku instrukcja o przestrzeganiu ładu korporacyjnego⁴⁷.

COBIT (*Control Objectives for Information and related Technology*) – standard opracowany przez ISACA oraz IT Governance Institute. Jest to zbiór dobrych praktyk z zakresu IT Governance, które mogą być stosowane w szczególności przez audytorów systemów informatycznych⁴⁸.

Bill C6. Bezpieczeństwo produktów konsumenckich Kanady⁴⁹.

ODBC (*Open Data Base Connectivity*). Interfejs umożliwiający programom łączyć się z systemami zarządzającymi bazami danych. W skład ODBC wchodzi wywołania wbudowane w aplikacje oraz sterowniki ODBC. Pierwsza implementacja ODBC pojawiła się w systemie Microsoft Windows, lecz obecnie możliwe jest korzystanie z niego na platformach Unix, OS/2 oraz Macintosh. W systemach baz danych typu klient–serwer sterowniki udostępniają silnik baz danych, natomiast w programach dla komputerów osobistych sterowniki sięgają bezpośrednio do danych⁵⁰.

Oprogramowanie systemów klasy ERM może być proste, sprowadzające się do elektronicznego rejestru ryzyka. Może też stanowić wsparcie podstawowych funkcji (etapów) zarządzania ryzykiem, a także zawierać dodatkowe komponenty: zgodność z wymogami prawa (*compliance*), audyt wewnętrzny, bazę wiedzy (*knowledge base*), analizę ryzyk spekulacyjnych (sukces/porażka), wspomaganie zarządzania projektami, budowę ilościowych modeli ryzyka lub analizę kosztów tego ryzyka. Oto osiem znanych programów typu ERM z podaniem nazwy, producenta i kraju:

Nazwa	Producent	Kraj
Risk Wizard	Risk Wizard	Australia
Enterprise Risk Assessor	Methodware	Nowa Zelandia
Risk Register	Noweco	Nowa Zelandia
J-Port	Portiva	Kanada
Securac	Acertus	Kanada
Know Risk	CorProfit	Australia
Risk Decisions	Predict	Wielka Brytania
International Security Technology	CORA	USA

Większość z wymienionych programów wykazuje zdolność do elastycznego dostosowania się do charakteru i wielkości firmy. Ponadto umożliwia

⁴⁷ Ibidem.

⁴⁸ [<https://pl.wikipedia.org/wiki/COBIT>], dostęp: 24.10.2015.

⁴⁹ [http://www.microsofttranslator.com/bv.aspx?ref=SERP&br=ro&mkt=pl-PL&dl=pl&lp=EN_PL&a=http%3a%2f%2fnhppa.org%2f%3fpage_id%3d70], dostęp: 24.10.2015.

⁵⁰ [<https://pl.wikipedia.org/wiki/ODBC>], dostęp: 24.10.2015.

monitorowanie, dokumentowanie oraz raportowanie o ryzyku. Cechami godnymi uwagi są elastyczność wizualizacji ryzyka, filtrowanie ryzyk i wielojęzyczność niektórych wersji. Programy są podzielone na moduły, które mogą być oddzielnie nabywane. Szczegółowe zaprezentowanie funkcjonalności wymienionych ośmiu programów to temat na oddzielne opracowanie. Z tego względu tylko szkicowo zostaną nadmienione niektóre dostępne w internecie informacje o istnieniu programów oraz formie prezentowania przez nie raportów danych. Na początek przedstawiono widok ekranu głównego programu Enterprise Risk Assessor.



Źródło: [<http://ryzyko.blox.pl/2008/09/Systemy-informatyczne-wspierajace-procesy-ERM.html>].

Ryc. 1.4.2. Widok ekranu głównego programu Enterprise Risk Assessor

Na rycinie 1.4.2 widzimy trzy możliwości wejścia: **file options** (operacje na zbiorach), **risk framework** (konfiguracja oprogramowania ryzyka), **assessor options** (opcje inżynierskiej oceny ryzyka). Na uwagę zasługuje charakterystycznie podana platforma programistyczna (framework), stanowiąca szkielet do budowy aplikacji programowej. Programista tworzy pakiet, rozbudowując i dostosowując poszczególne komponenty do wymagań realizowanego projektu według potrzeb inwestora, tworząc w ten sposób gotową aplikację⁵¹. Wejście drugie stanowi moduł konfiguracji, służący

⁵¹ [<https://pl.wikipedia.org/wiki/Framework>], dostęp: 24.10.2015.

Modułem wieńczącym system klasy ERM o zaawansowanej grafice jest moduł raportowania. Oferuje on zazwyczaj kilkanaście gotowych wzorów raportu, które mogą być dowolnie zmieniane przez użytkowników. Najczęstsze formaty raportów to popularne pdf, html lub MS Excel, Word, Access. Oprócz modułów podstawowych występują też opcjonalne, np.:

- moduł rejestrowania zdarzeń (szkód, wypadków, awarii);
- moduł konsolidacyjny pomagający wykonać przegląd i porównać ryzyka w różnych częściach/oddziałach firmy lub ich zmiany w czasie.

Rodzaj modułów oraz rozwiązanie zależą od zakupionego pakietu komercyjnego zarządzania ryzykiem korporacyjnym od takich producentów oprogramowania, jak: Methodware, Risk Wizuard, Strateg, Thought/UK, CorProfit/AU.

Zatrzymajmy się jeszcze na systemie analizy ryzyka ERM BPM Risk firmy GRUPA BLUE⁵². Jest to zaawansowana platforma wsparcia procesu zarządzania ryzykiem i stanowi kompleksowe narzędzie największych przedsiębiorstw i instytucji w Polsce – ma zastosowanie w analizie ryzyka strategicznego, operacyjnego – ERM; bezpieczeństwa informacji – ISO 27001; ciągłości działania – ISO 22301; ryzyka zarządzania projektami; umożliwia wdrożenie praktyk zawartych w ISO 31000, COSO.

Omawiany system Risk wspiera pracę grupową i organizacje wielooddziałowe. Dostępny jest przez przeglądarkę internetową i nie wymaga instalacji elementów na komputerze użytkownika. Oprogramowanie integruje się z systemami do zarządzania procesowego i umożliwia wykorzystywanie danych o procesach, odpowiedzialnościach i strukturze organizacyjnej. Risk klasyfikuje informacje, określa krytyczne stany procesów, projektów oraz buduje katalog zagrożeń. Po opracowaniu planu i wyznaczeniu odpowiedzialnych za poszczególne działania oraz terminów realizacji system monitoruje postępy i eskaluje zadania. Wbudowany mechanizm raportujący zawiera pełną informację na temat zagrożeń, skutków, prawdopodobieństwa, analizy ryzyka, wyznaczonych działań i ich realizacji na wszystkich szczeblach przeprowadzonej analizy.

1.4.4. Omówienie dalszych wiodących firm doradczych, w tym również w zakresie ERM

Jak już wspomniano, na rynku polskim działa również firma doradczo-konsultingowa o nazwie **pwc**⁵³. W obszarach audytu i usług księgowych firma **pwc** oferuje:

⁵² [http://grupablue.pl/index.php/oprogramowanie/zabezpieczenia/2014-08-26-18-53-35.html?gclid=CKu15_Cmp8gCFaLFcgodIaYJUg], dostęp: 24.10.2015.

⁵³ [<http://www.pwc.pl/pl/uslugi.html>], dostęp: 24.10.2015.

- audyt finansowy;
- audyt wewnętrzny;
- sprawozdawczość finansową i rachunkowość;
- narzędzia do raportowania finansowego;
- usługi regulacyjne;
- Międzynarodowe Standardy Sprawozdawczości Finansowej;
- *outsourcing* usług księgowych i płacowych;
- usługi rewidenta ds. szczególnych.

Doradztwo podatkowe tej firmy obejmuje: podatki pośrednie, postępowanie podatkowe, międzynarodowe planowanie podatkowe, ceny transferowe, podatki pracownicze i doradztwo imigracyjne, *outsourcing* usług księgowych i płacowych, prace IT Based Tax Consulting⁵⁴. Zespół IT Based Tax Consulting (ITBC) przygotowuje rozwiązania bezpośrednio związane z systemami finansowo-księgowymi klasy ERP. Jest to krok do optymalizacji procesów podatkowych, w tym minimalizacji ryzyka zobowiązań podatkowych. Firma **pwc** świadczy również doradztwa: biznesowe, prawne, transakcyjne, w dziedzinie kapitału ludzkiego, zarządzanie ryzykiem. Ostatnio doradztwo obejmuje: odporność na ryzyko, bezpieczeństwo, ład korporacyjny, audyt wewnętrzny, kontrole i procesy, ryzyko IT, ryzyko finansowe. Analiza ryzyka IT to jedno z głównych narzędzi wykorzystywanych przez zarządzanie ryzykiem, czyli proces polegający na uporządkowanym podejściu do kwestii ryzyk związanych działaniem systemów IT⁵⁵. Omawiana firma ma swoje placówki w: Warszawie, Gdańsku, Katowicach, Krakowie, Łodzi, Poznaniu oraz we Wrocławiu⁵⁶.

Kolejną firmą doradczą-konsultingową jest Ernst&Young (EY), która oferuje usługi w zakresie zagadnień⁵⁷: środowisko biznesowe, promowanie wzrostu, zarządzanie i sprawozdawczość, MSSF⁵⁸, zarządzanie finansami, zarządzanie ryzykiem, skuteczność operacyjna, zarządzanie kompetencjami, kapitał i transakcje. Główna siedziba EY w Polsce znajduje się w Warszawie. Lokalne biura funkcjonują w Katowicach, Krakowie, Poznaniu, Wrocławiu oraz Łodzi⁵⁹.

⁵⁴ [<http://www.pwc.pl/pl/doradztwo-podatkowe/it-based-tax-consulting.html>], dostęp: 24.10.2015.

⁵⁵ [<http://sekurak.pl/czym-jest-analiza-ryzyka-it-wprowadzenie/>], dostęp: 24.10.2015.

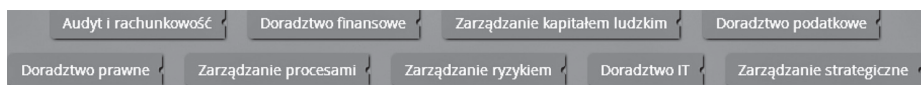
⁵⁶ [<http://www.pwc.pl/pl/o-nas/biura-pwc.html>], dostęp: 24.10.2015.

⁵⁷ [<http://www.ey.com/PL/pl/Home>], dostęp: 24.10.2015.

⁵⁸ [https://pl.wikipedia.org/wiki/Mi%C4%99dzynarodowe_Standardy_Sprawozdawczo%C5%9Bci_Finansowej], dostęp: 24.10.2015.

⁵⁹ [https://twitter.com/EY_Poland?ref_src=twsrc^tfw], dostęp: 24.10.2015.

Deloitte stanowi międzynarodową sieć spółek handlowych świadczących profesjonalne usługi doradcze i audytorskie⁶⁰. Zakres działalności firmy doradczo-konsultingowej podano na załączonym fragmencie okna w internecie⁶¹. Deloitte w Polsce działa od 1990 roku.



Deloitte w 2008 roku uruchomił bezpłatny program ogólnie dostępnych seminariów internetowych poświęconych praktycznym zagadnieniom biznesowym. Główne biuro w Polsce jest w Warszawie, dodatkowo firma ma osiem biur lokalnych w: Gdańsku, Łodzi, Katowicach, Krakowie, Poznaniu, Rzeszowie, Szczecinie, Wrocławiu.

⁶⁰ [<https://pl.wikipedia.org/wiki/Deloitte>], dostęp: 24.10.2015.

⁶¹ [<http://www2.deloitte.com/pl/pl.html>], dostęp: 24.10.2015.

1.5. Zagadnienia pomocnicze w projektowaniu procedur systemowych

1.5.1. Problematyka zastosowania dostępnych programów komputerowych

Projektowanie systemów informatycznych dedykowanych, jak również implementacja aplikacji komercyjnych na potrzeby inwestora wymaga znajomości szeregu metod i algorytmów rozwiązywania fragmentów problemów użytkowników, z poszczególnych dziedzin działalności określonego przedsiębiorstwa. Konieczna staje się zatem znajomość wzorów, modeli i technik, jakimi posługują się: statystyka, ekonometria, badania operacyjne, prognozowanie i symulacje, rachunkowość zarządcza. Autor tej pracy od lat zajmuje się zastosowaniem programów komputerowych do obliczeń statystycznych, optymalizacji cech ekonomicznych czy też ich prognozowania. Zamieszczone rozwiązania z użyciem programów standardowych zarówno w książkach, jak i w monografiach wydanych przez Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o. w Opolu mogą służyć jako wzorce do budowy szerszych aplikacji informatycznych wspomagających zarządzanie.

Przykłady zastosowania arkusza kalkulacyjnego Excel do obliczania miar statystyki opisowej spotykamy w książce *Wstęp do ekonometrii i badań operacyjnych. Zbiór przykładów z zastosowaniem mikrokomputera*⁶². Pokazano w niej również sposób prezentacji graficznej rozkładów. Na uwagę zasługuje określanie trendów, jak i regresji liniowej i nieliniowej zmiennych. W budowaniu modeli ekonometrycznych istotną rolę ogrywa wybór odpowiedniej kombinacji zmiennych. Oprócz funkcjonalności Excela w budowie modeli ekonometrycznych zarówno jednorównaniowych, jak i wielorównaniowych, a następnie ich weryfikacji doskonale sprawdza się dostępny w internecie program GRETL. W zastosowaniach praktycz-

⁶² M. D u c z m a l, W. W o r n a l k i e w i c z, *Wstęp do ekonometrii i badań operacyjnych. Zbiór przykładów z zastosowaniem mikrokomputera*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2010.

nych występują potrzeby tworzenia różnych modeli zależności zmiennych, w tym:

- modeli stacjonarnych szeregów czasowych;
- modeli zmiennych dychotomicznych, gdzie zmienna przyjmuje wartości binarne;
- modeli prognostycznych opartych na szeregach czasowych, gdzie istotne miejsce zajmuje kreowanie modeli Holta-Wintersa z sezonowością multiplikatywną;
- modeli odpowiadających potrzebom cech ekonomicznych, w których uwzględnia się trend, sezonowość oraz autoregresję.

Nowe systemy informatyczne wspomagają pracę zarządu firmy; nieodzowne jest stosowanie dodatku Solver czy też dostępnego w internecie programu WinQSB do optymalizacji różnorodnych zagadnień w obszarze zarządzania. Generalnie oba te programy wykorzystują algorytm simpleks przy stosowaniu sposobów według:

- elementu rozwiązującego;
- rozwiązywania funkcjami rachunku macierzowego;
- użycia zagadnienia transportowego.

Korzystanie z programu WinQSB umożliwia przeprowadzenie analizy wrażliwości ograniczeń oraz parametrów zadania decyzyjnego, przekształcenie zadania prymalnego w dualne. Zastosowanie metody mnożników Lagrange'a pozwala na rozwiązywanie nieliniowych zagadnień decyzyjnych. W podanej wcześniej książce znajdujemy też przykłady rozwiązywania zagadnień programowania dynamicznego, a w ramach nich optymalizację: wybór najkrótszej trasy, problem załadunku, elementy zarządzania produkcją i zapasami. Osobną grupę metod wzorowanych też na algorytmie simpleks stanowi analiza przedsięwzięć, w której wyróżniamy: metodę ścieżki krytycznej CPM, wersję kosztową CPM, metodę PERT. Do budowy sieci zależności zwłaszcza dużych przedsięwzięć inwestycyjnych służy program Project.

Książka *Wstęp do ekonometrii i badań operacyjnych. Zbiór przykładów z zastosowaniem mikrokomputera* zyskała duże uznanie Czytelników. W roku 2012 ukazało się wydanie drugie, dwutomowe, rozszerzone⁶³. Zwróć uwagę teraz uwagę na nowe zagadnienia z przykładami rozwiązań zamieszczonymi w tym wydaniu:

- estymacja parametrów modelu ekonometrycznego w programie GRETL;

⁶³ M. D u c z m a l, W. W o r n a l k i e w i c z, *Wstęp do ekonometrii i badań operacyjnych. Zbiór przykładów z zastosowaniem mikrokomputera*, wyd. 2. rozsz., Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2012.

- zastosowanie ogólnie dostępnego programu R do generowania wykresów funkcji matematycznych, wykresów podstawowych rozkładów statystycznych, rozkładów gęstości dwóch zmiennych;
- wielokryterialny ranking obiektów z uwzględnieniem zmiennych syntetycznych z użyciem formuł Excela;
- optymalne określenie efektywności obiektów programem WinQSB z uwzględnieniem modelu CCR.

W latach 2010–2014 modelujący systemy informatyczne, jak i studenci zainteresowali się algorytmizacją tekstów źródłowych programów z użyciem szeroko pojętej ekonometrii. Z fascynacji tej powstały kolejne książki, stanowiące dalsze rozwiązanie wspomnianego wcześniej wydania drugiego⁶⁴. Zagłębmy do nich, aby dostrzec nowe elementy, jakie mogą być przydatne w opracowaniu założeń systemów informatycznych. W pierwszej części tej książki wprowadzono dodatkowo dane statystyczne panelowe i sformułowano w programie GRETl model ekonometryczny produktu brutto województw podobny do modelu produktu krajowego brutto. Uzupełnieniem zagadnienia ekonometrii było badanie występowania wielowymiarowego rozkładu normalnego, a także dobór wskaźników innowacyjności dla oceny np. regionu.

Spośród innych pozycji książkowych, przydatnych w modelowaniu ekonometrycznym niektórych funkcji procesu zarządzania, warto przestudiować opracowaną: *Statystyczne metody analizy danych* oraz *Materiały do ćwiczeń* nawiązujące do tejsze książki⁶⁵. Pierwsza z wymienionych zajmuje się problematyką opisowej i eksploracyjnej analizy danych, stosowanymi modelami, analizą danych historycznych i jakościowych. Pewne nowe elementy modelowania na potrzeby specyficznego projektowania funkcji zarządzania możemy znaleźć w książce *Ekonometria współczesna*⁶⁶. W tej pracy na szczególną uwagę zasługują opisy oraz przykłady testów z zastosowaniem dostępnego w internecie pakietu GRETl, tj.:

- modeli wielorównaniowych;
- dynamicznego modelu zgodnego;

⁶⁴ W. W o r n a l k i e w i c z, *Formułowanie modeli ekonometrycznych na potrzeby zarządzania*. Cz. 1–2, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2014–2015; M. D u c z m a l, *Metody optymalizacji w zarządzaniu*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2014.

⁶⁵ W. O s t a s z e w i c z (red.), *Statystyczne metody analizy danych*, Akademia Ekonomiczna, Wrocław 1999; W. M i s z c z a k, *Statystyczne metody analizy danych. Materiały do ćwiczeń*, Akademia Ekonomiczna, Wrocław 1999.

⁶⁶ M. O s i ń s k a (red. nauk.), *Ekonometria współczesna*, Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa, Toruń 2007.

- dynamicznego modelu korekty błędem dla procesów skointegrowanych;

- modeli wektorowej autoregresji;
- modeli danych panelowych.

Problematyka optymalizacji doczekała się własnej książki – *Metody optymalizacji w zarządzaniu*, wyodrębnionej ze wcześniejszego wydania drugiej pracy *Wstęp do ekonometrii i badań operacyjnych. Zbiór przykładów z zastosowaniem mikrokomputera*. W części teoretycznej skupiono dodatkowo uwagę na: podziałach w ramach teorii decyzji, narzędziach wielokryterialnego podejmowania decyzji, współczesnych systemach wspomagania decyzji. W przykładach znajdujemy interesujące rozwiązania:

- uwzględnienie elementu ryzyka (problem gazeciarza);
- zagadnienie optymalizacji dwukryterialnej;
- uwzględnienie priorytetu celów;
- zastosowanie WinQSB do programowania wielokryterialnego z priorytetem;

- wybór lokalizacji obiektów programem Expert Choice;
- iteracyjna optymalizacja parametrów w wybranych modelach wyrównywania wykładniczego.

Bliższe omówienie zawartych w przykładach procedur zajęłoby wiele miejsca i dlatego odsyłam Czytelnika do wymienionych wcześniej pozycji literatury.

Szereg zaprezentowanych metod bazuje na wyselekcjonowanych przez autora niniejszej pracy danych statystycznych Polski zawartych w „Rocznikach Statystycznych” GUS (lata 1995–2005). Zgromadzenie i ujednoczenie danych statystycznych do potrzeb modelowania ekonometrycznego zawarto w skrypcie *Metoda badania przyczynowo-skutkowego związków między cechami statystycznymi*⁶⁷, który w dwóch częściach (odniesieniu do Polski) obejmuje tabele i wykresy w obszarach:

Dynamiki jednopodstawowe:

- podstawowe dynamiki statystyki (nakłady inwestycyjne, wartość brutto środków trwałych, produkt krajowy brutto);
- dynamiki popytu według sektorów;
- dynamiki na mieszkańca;
- dynamiki stopy bezrobocia, wynagrodzenia, budżetów gospodarstw domowych, działalności badawczej i rozwojowej, wskaźników cen, handlu zagranicznego;

⁶⁷ W. W o r n a l k i e w i c z, *Metoda badania przyczynowo-skutkowego związków między cechami statystycznymi*, Wyższa Szkoła Zarządzania i Administracji, Opole 2013 [skrypt 1/2013].

- dynamiki finansów, inwestycji i środków trwałych w sektorach, rachunek produktów;
- zestawienie równań trendów wielomianowych wymienionych wcześniej dynamik.

Wybrane relacje między cechami statystycznymi:

- określenie współczynników korelacji między zmiennymi;
- regresje jednoczynnikowe;
- wpływ inwestycji na wybrane cechy statystyczne.

Jest to obszerny i pracowicie zebrany materiał statystyczny, który uzupełniony o nowe lata może informować o rozwoju naszej gospodarki na przestrzeni kolejnych dziesięcioleci, zwłaszcza gdy zastosujemy jeszcze modelowanie ekonometryczne.

Poszukajmy dalszych pakietów oraz metod, które można wykorzystać na etapie założeń projektowych systemów informatycznych. Sięgnijmy po dwie pozycje książkowe: *Modele ekonometryczne PKB obiektów struktury terytorialnej* oraz *Efektywność obiektów struktury terytorialnej*⁶⁸. W nich zwrócono uwagę na nowe elementy w stosunku do już wcześniej wymienionych w pozycjach literaturowych. W pierwszej z wymienionych książek na uwagę zasługuje wzmianka o możliwości stosowania pakietu statystycznego EViews, przedstawiona procedura generacji zmiennych endogenicznych oraz określenie na ich podstawie prognozy zmiennej objaśnianej, estymacja parametrów modelu ekonometrycznego funkcją REGLINP Excela. Ponadto generowanie zmiennych zero-jedynkowych i weryfikacja zmiennych poprzez eliminację *a posteriori*. Przykładem wzorcowym może być procedura formułowania modelu ekonometrycznego „Liczba bezrobotnych” w skali Polski na podstawie wieloletnich obserwacji statystycznych.

W książce *Efektywność działania obiektów struktury terytorialnej* pokazano, moim zdaniem, oryginalne zastosowanie metody DEA z użyciem programu DEAP. Pokazano na przykładach szeregu modeli i opcji, jakie daje program DEAP w odniesieniu do badania efektywności obiektów rozumianej jako stosunek zmiennych stanowiących efekty do zmiennych będących nakładami. Warta szczególnego podkreślenia jest opcja *Malmquist* korzystająca z danych panelowych. W wymienione książki podano komputerowe procedury określenia efektywności regionów, podregionów oraz województw.

Pomocna w procesie projektowania może być też książka *Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie*,

⁶⁸ W. W o r n a l k i e w i c z, *Modele ekonometryczne obiektów struktury terytorialnej*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2013; M. D u c z m a l, *Efektywność działania obiektów struktury terytorialnej*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2013.

z której godne uwagi, jako przydatne na etapie projektowania systemów informatycznych, są zagadnienia⁶⁹:

- hurtownia danych;
- standardy elektronicznej wymiany dokumentów (EDI);
- funkcjonalność systemu klasy ERP o nazwie SyKOF;
- analiza przedwdrożeniowa systemu Microsoft Dynamics AX;
- rozwiązania informatyczne dużych aplikacji wiodących producentów oprogramowania;
- przykłady stosowanych systemów w obszarze logistyki;
- rozwiązanie informatyczne w zakresie planowania zasobów produkcyjnych (MRP) oraz technicznego przygotowania produkcji (TPP);
- narzędzia wspomagania modelowania informatycznego klasy CASE.

Warto też zapoznać się ze wstępem omawiającym notację języka UML, przydatną w pracy analityka i projektanta rozwiązań softwarowych.

1.5.2. Narzędzia CASE w modelowaniu systemu informatycznego⁷⁰

1.5.2.1. Wprowadzenie

Narzędzia CASE (*Computer Aided Software Engineering*) to aplikacje programowe, przeznaczone do wspomagania typowych operacji w procesie tworzenia oprogramowania. Umożliwiają opracowanie projektów systemów informatycznych zawierających diagramy i sprawdzenie ich poprawności⁷¹. Obecnie stosowany m.in. język UML umożliwia wybranie kilku technologii wykonania systemów, np. J2EE, .NET, i oparcie się na różnych silnikach baz danych. Wcześniej systemy informatyczne opracowywane były w technologii wybranej z określonym środowiskiem systemu operacyjnego, językiem programowania oraz ustaloną bazą danych. Aplikacje CASE, stanowiące swoisty rodzaj systemów, można podzielić według faz ich życia oraz w zależności od zakresu zastosowań na pakiety narzędziowe oraz pakiety zintegrowane. Upper-CASE wspomaga pierwsze fazy budowy systemu:

- analizę organizacyjną, funkcjonalną, procesową;
- modelowanie nowych funkcji procesów, działania obiektów lub modernizację istniejących;
- tworzenie diagramów pod potrzeby oprogramowania.

⁶⁹ W. W o r n a l k i e w i c z, *Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2015.

⁷⁰ Niniejsza część odpowiada rozdziałowi 21 książki: W. W o r n a l k i e w i c z, *Wdrożenie zintegrowanego systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie...*, op.cit.

⁷¹ [<http://www.eioba.pl/a/1Ic4/narzedzia-case>], dostęp: 23.11.2014.

Narzędzia tego typu zajmują się raczej opisem i modelowaniem stanu istniejącego w obiekcie, propozycją zmian, jednak bez operacji implementacji w podanym języku programowania. Kolejne w fazie budowy oraz życia systemu to narzędzia określone jako Lower-CASE, zajmujące się rzeczywistym formułowaniem oprogramowania, w tym modelowaniem bazy danych, generowaniem kodu danego języka oraz przeprowadzaniem testów kontrolnych pracy poszczególnych modułów systemu zintegrowanego. Wyróżnia się jeszcze systemy Middle-CASE do wygenerowania tylko ramowej struktury aplikacji użytkownika oraz Integrated-CASE stanowiące połączenie Upper-CASE i Lower-CASE.

Widzimy, że wspomaganie tworzenia dokumentacji systemu obiektowego w każdej fazie cyklu jego projektowania wymaga odmiennej funkcjonalności. O zaawansowaniu danego systemu świadczą moduły standardowe, jakie powinien on zawierać, mianowicie:

- słowniki danych, czyli bazy informacji o stworzonym systemie wraz z programami edytującymi, zarządzającymi i wyszukującymi dane;
- edytor notacji graficznych do tworzenia oraz wydruku diagramów na etapie analizy przedwdrożeniowej i wykonania projektu;
- moduł kontroli poprawności, stanowiący narzędzie do sprawdzania diagramów oraz słowników zwanych repozytoriami;
- moduł kontroli jakości systemu, w tym stopnia złożoności oraz powiązań składowych modelowanego systemu;
- generator raportów z repozytorium;
- generator kodu tworzący strukturę ramową kodu we wskazanym języku programowania oraz dający możliwość jego uzupełnienia z repozytorium;
- generator dokumentacji technicznej, obejmującej specyfikację, opisy projektowe, diagramy i raporty podstawowe;
- moduł projektowania interfejsu użytkownika, w tym menu i okna dialogowe.

Ponadto istotny w ramach narzędzia CASE jest moduł inżynierii odwrotnej, pozwalający na odtworzenie obrazów graficznych słowników danych oraz diagramów na podstawie sekwencji kodu źródłowego oraz struktury bazy danych. Pomocny w pracy zespołu projektowo-wdrożeniowego jest także moduł zarządzania pracą grupową osób zaangażowanych w tworzenie projektu systemu. Dokumentację techniczną wdrożonego systemu informatycznego możemy wygenerować za pomocą inżynierii odwrotnej.

Narzędzia do projektowania, np. w UML (*Unified Modeling Language*), tj. w ujednoliconym języku modelowania, stanowią oprogramowanie, które pozwala budować modele procesów biznesowych⁷². Ostatnio wyko-

⁷² [http://pl.wikipedia.org/wiki/Lista_narz%C4%99dzi_UML], dostęp: 23.11.2014.

rzystywane są one coraz częściej podczas opracowania koncepcji, analizy przedwdrożeniowej i formułowania projektu zintegrowanego systemu informatycznego, w tym klasy ERP. Z punktu widzenia ich pozyskania narzędzia CASE można podzielić na ogólnie dostępne – otwarte (darmowe) oraz komercyjne (płatne). W tym rozdziale szczególna uwaga skoncentrowana będzie na pakietach darmowych służących przede wszystkim celom edukacyjnym. Dużą gamę narzędzi otwartych, zwanych również wolnymi, zaprezentowano w tabeli 1.5.1⁷³.

Tabela 1.5.1

Wolne/otwarte narzędzia UML

Lp.	Nazwa	Opis
1	Acceleo	System generacji kodu źródłowego z modeli UML oparty na Eclipse i szablonie EMF
2	AmaterasUML	Umożliwia rysowanie diagramów klas i interakcji. Stanowi wytyczkę dla Eclipse. Potrafi generować diagramy klas z kodu Javy, a diagramy interakcji z wydruku stosu wywołań
3	ArgoUML	Zaawansowane generowanie kodu. Napisany został w języku Java
4	ATLAS Transformation Language	ATL stanowi narzędzie QVT. Pozwala transformować między innymi modele UML w inne modele. ATL jest kompletnym rozwiązaniem OpenSource udostępnionym przez projekt Eclipse GMT (<i>Generative Modeling Tools</i>)
5	BoUML	Tworzy dokumentację HTML i obsługuje języki: C++, Java, IDL, Php, Python. Dostępny na licencji GPL do wersji 4.23 ultimate patch 7, przy czym wersja 5.0 jest płatna
6	Dia	Ogólne narzędzie do rysowania diagramów, które obsługuje modelowanie UML (licencja GNU GPL)
7	Eclipse	Środowisko programowe dla Javy*. Obejmuje platformę EMF (<i>Eclipse Modeling Framework</i>) i metamodel UML 2.0
8	ESS-Model	Generator diagramów projektów Delphi oraz Java
9	Fujaba	Platforma developerska UML i Java
10	Gaphor	Środowisko modelowania UML 2.0 napisane w języku Python
11	GenMyModel	Środowisko modelowania UML 2.0 oparte na języku Javascript/HTML5
12	MetaUML	Renderowanie diagramów w oparciu o MetaPost, odpowiednie dla systemu składu LaTeX
13	MonoUML	Oprogramowanie bazujące na oprogramowaniu Mono
14	NetBeans	Zobacz także [http://wiki.netbeans.org/UML]. Zawiera wiele narzędzi wspomagających tworzenie oprogramowania. Umożliwia modelowanie diagramów UML oraz zastosowanie schematów XML*
15	Software Ideas Modeler	Modeler UML napisany w języku C#
16	StarUML	Narzędzie to jest dostępne na zmodyfikowanej licencji GPL platforma UML/MDA dla systemu Windows (2000, XP)*. Obsługuje języki: C/C++, Java, Visual Basic, Delphi, JScript, VBScript, C#, VB.NET. Umożliwia także import projektów z aplikacji komercyjnych Rational Rose oraz Borland Together

⁷³ Ibidem.

Lp.	Nazwa	Opis
17	Umbrello	Program dla systemu operacyjnego Linuks i środowiska KDE
18	UML Sculptor	Program do tworzenia diagramu klas
19	UMLet	Pozwala rysować diagramy napisane w Javie (licencja GNU GPL)
20	UMLpad	Modeler UML napisany w C++/wxWidgets będący na licencji GNU GPL

* [<http://www.eioba.pl/a/1Ic4/narzedzia-case>], dostęp: 23.11.2014.

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne na podstawie [http://pl.wikipedia.org/wiki/Lista_narzedzi_UML] i innych źródeł podanych w kolumnie „Opis”.

Stosowany obecnie, coraz częściej nie tylko przez studentów, program StarUML to projekt *OpenSource*. Celem jego jest uformowanie środowiska modelowania funkcjonalności obiektu pod platformą Windows na potrzeby implementacji w określonym języku programowania. Standardem UML jest wersja 2.0, która umożliwi tworzenie 13 diagramów głównych oraz 4 abstrakcyjnych. Trzeba dodać, że funkcjonalność tego przyjaznego dla użytkownika pod względem interfejsu programu można rozszerzać przez dodatki zwane wtyczkami⁷⁴. Oprócz narzędzi zwanych potocznie darmowymi można do celów profesjonalnych stosować komercyjne narzędzia UML. Wyszczególnienie ich wraz z opisem zamieszczono w tabeli 1.5.2.

Tabela 1.5.2

Komercyjne (zamknięte) narzędzia UML

Lp.	Nazwa	Opis
1	ARIS Platform	Rodzina programów, która zapewnia zintegrowane portfolio narzędzi informatycznych
2	Borland Together	Rodzina programów integrujących środowisko IDE Javy z narzędziami do UML*. Posiada też wersje demo
3	Case/4/0	Uniwersalny pakiet służący do tworzenia oprogramowania opartego na metodach strukturalnych. Wykorzystywany jest do budowy aplikacji typu klient/serwer, bazujących na dużym komputerze (<i>mainframe</i>) oraz sieciowych. Posiada swój własny język skryptów, przy pomocy którego można w dowolnej postaci generować kod źródłowy. Zintegrowane repozytorium umożliwia opracowanie własnego interfejsu oraz emisję dokumentacji nowego systemu
4	Corporate Modeler	Uniwersalne narzędzie zgodne z różnymi metodykami, w których pracują zespoły projektowe. Umożliwia tworzenie diagramów hierarchii, związków encji, przepływu danych, procedur dynamicznych, edytor matryc. Szczególnie przydatny jest do opracowania analiz organizacyjnych
5	Enterprise Architect	Posiada wygodny interfejs użytkownika i działa na platformach Windows i Linux. Obsługuje także UML w wersji 2.0

⁷⁴ [<http://www.dobreprogramy.pl/StarUML,Program,Windows,11903.html> StarUML 5.0], dostęp: 23.11.2014.

Lp.	Nazwa	Opis
6	IBM Rational Rose	Pracuje na platformach Windows i Linux. Obsługuje UML 2.1. Obszerne narzędzie wspierające pracę w UML
7	IBM Rational Software Architect	Narzędzie wspierające UML 2.0 oparte na Eclipse
8	iGrafx	Rodzina programów, w tym iGrafx FlowCharter obsługujących tworzenie diagramów UML
9	JUDE	Program do tworzenia diagramów UML: klas, związków encji, przepływu, map. Występuje bezpłatna uproszczona wersja do tworzenia diagramów UML, importu/eksportu kodu Javy
10	MagiDraw	Pakiet przeznaczony również do pracy w sieci z możliwością modelowania również w języku SysML
11	Microsoft Visio	Program z pakietu MS Office umożliwiający rysowanie diagramów UML. Nie występuje jednak możliwość generowania kodu z diagramów ani też sprawdzania ich integralności
12	Objectteering	Służy do edycji i modelowania diagramów UML
	Oracle Designer	Zintegrowane narzędzie do projektowania aplikacji typu klient/serwer**
13	Poseidon for UML	Zaawansowane oprogramowanie bazujące na ArgoUML. Występuje też darmowa edycja Community Trial
14	Software through Picturees (StP)	Aplikacja przeznaczona do obiektowego i strukturalnego projektowania systemów informatycznych. Obejmuje analizę przypadków użycia oraz generowanie kodu źródłowego. Analiza i projektowanie obiektowe wykorzystuje standardy UML, OMT lub Boocha
15	Sybase PowerDesigner	Obszerne i dopracowane oprogramowanie do budowy diagramów UML oraz schematów baz danych, procesów biznesowych.
16	Telelogic Tau G2	Program dla języka SysML. Umożliwia też opracowanie diagramów zawartych w UML 2 [http://translate.google.pl/translate?hl=pl&sl=en&u=http://softadvice.informer.com/Telelogic_Tau_G2_Download.html&prev=search]
17	Tormigo	Polskie oprogramowanie wspierające zarządzanie wymaganiami w Enterprise Architect
18	Visual Paradigm for UML	Oprócz wersji komercyjnej istnieje też wersja Community (darmowa), jednak o ograniczonej funkcjonalności
19	Visual Paradigm SDE	Środowisko informatyczne integrujące się z wiodącymi IDE, mianowicie: Visual Studio®, Eclipse/WebSphere®, Borland JBuilder®). Dostępna jest także wersja do nauki o ograniczonej funkcjonalności

* [<http://www.dobreprogramy.pl/StarUML,Program,Windows,11903.html> StarUML 5.0], dostęp: 23.11.2014.

** [<http://mariusz.makuchowski.staff.iia.pwr.wroc.pl/download/courses/komputerowe.wspomaganie>], dostęp: 20.12.2015.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [http://pl.wikipedia.org/wiki/Lista_narz%C4%99dzi_UML] i innych źródeł podanych w kolumnie „Opis”.

1.5.2.2. Pakiet do projektowania baz danych⁷⁵

Dla przyspieszenia procesu projektowania rozbudowanych baz danych, a zwłaszcza zintegrowanych systemów informatycznych, stosowane są również narzędzia programowe typu CASE. Narzędzia te obejmują także inżynierię dwustronną:

- inżynieria „do przodu” (generacja kodu źródłowego na podstawie modelu);
- inżynieria „wstecz” (analiza oprogramowania w celu odtworzenia projektu i specyfikacji na podstawie istniejącego kodu źródłowego).

Spośród różnych narzędzi wspomagających proces tworzenia bazy warto wymienić darmowy program DBDesigner4, który opracowany jest w wersjach dla systemu Windows i Linux. Służy on do wizualnego projektowania, modelowania oraz utworzenia kartotek bazy danych. Program można pobrać ze strony: [<http://fabforce.net/index.php>]⁷⁶. Do modelowania danych służą diagramy związków encji, zwane w innych pakietach jako diagram klas ERD (*Entity Relationship Diagrams*). Przykładem encji może być towar z takimi cechami, jak: nazwa, jednostka miary, cena. Relacje między encjami pokazują związek o cechach: nazwa, liczebność, np. 1:1, 1:N, N:M. Po zainstalowaniu DBDesigner4 i jego uruchomieniu główne okno tego programu składa się z obszarów: pasek narzędzi, obszar roboczy, okno nawigacji i informacji, okno bieżącego modelu bazy danych.

Pracę zaczynamy od utworzenia nowego projektu przez wywołanie podmenu (*File/New*). Pierwsze pole każdej zakładanej tabeli domyślnie jest kluczem głównym, a dalsze stanowią cechy określonej encji. W przykładzie utworzonej bazy danych (artykuł Łukasza Ruszaja⁷⁷) występują encje (kartoteki): zawodnik, kraj, klub, federacja oraz ukazane są związki między nimi w postaci linii łączących. Występuje tu odmienne oznakowanie związków niż w diagramach tworzonych za pomocą programu Star-UML. Jeśli dana kartoteka ma powiązanie z innymi, to w niej powtórzone są klucze główne kartotek współpracujących. Obok cech podawane są typy danych.

Program DBDesigner4 umożliwia zdefiniowanie wszystkich występujących w bazach danych relacji. Jeśli chcemy zaznaczyć relację między tabelami zawodnik-kraj, z paska narzędzi wybieramy ikonę z opisem

⁷⁵ Opracowano na podstawie artykułu w internecie: Ł. R u s z a j, *Projektowanie baz danych za pomocą narzędzi CASE* [<http://home.agh.edu.pl/~pioro/dyd/BD2/LR-dbdes.pdf>], dostęp: 29.11.2014.

⁷⁶ Ibidem.

⁷⁷ Ibidem.

„Nowa tabela”, w kolejności klikamy tabelę – kartotekę o nazwie „tkraj”, a następnie tabelę „tzawodnik”. W dalszym kroku nadajemy relacji nazwę „zawodnik-kraj” i OK⁷⁸. Pozostałe relacje przeprowadzamy w podobny sposób. W efekcie końcowym zapisujemy utworzony plik bazy danych, korzystając z podmenu (*File/Save*). Zaprojektowaną bazę danych eksportujemy programem DBDesigner4 do skryptu SQL, tworzącego wszystkie tabele za pomocą podmenu (*File/Export/SQL Create Script*). Zapisujemy skrypt, naciskając *Save Script to file*, który możemy obejrzeć w programie Notatnik. Fragment skryptu SQL w zakresie założenia tabeli zawodnik podano w tabeli 1.5.3.

Tabela 1.5.3

Skrypt SQL w zakresie zakładania tabeli zawodników

```
);
CREATE TABLE tzawodnik (
  id_zawodnika INTEGER UNSIGNED NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  id_kraj INTEGER UNSIGNED NOT NULL,
  imie VARCHAR(20) NOT NULL,
  nazwisko VARCHAR(45) NOT NULL,
  data_urodz DATETIME NOT NULL,
  id_klub INTEGER UNSIGNED NOT NULL,
  liczba_meczy INTEGER UNSIGNED NOT NULL,
  liczba_goli INTEGER UNSIGNED NOT NULL,
  PRIMARY KEY(id_zawodnika),
  INDEX tzawodnik_FKIndex1(id_kraj),
  INDEX tzawodnik_FKIndex2(id_klub),
);
```

Źródło: Ł. Ruszaj, *Projektowanie baz danych za pomocą narzędzi CASE*, fragment rys. 7 Skrypt SQL [home.agh.edu.pl/~pioro/dyd/BD2/LR-dbdes.pdf], dostęp: 29.11.2014.

W celu sprawdzenia inżynierii „wstecz” (*Reverse Engineering*) uruchamiamy MySQL i logujemy się do niego, a następnie wykonujemy polecenia:

- create database <nazwa_bazy>;
- use <nazwa_bazy>;
- source <nazwa_skryptu>;

gdzie: nazwa bazy np. baza_DBDesigner4; nazwa skryptu, np. D:ba-za2.sql, czyli nazwa wcześniej zapisanego skryptu z rozszerzeniem .sql z pełną ścieżką dostępu.

W następnym kroku zamykamy MySQL, a otwieramy program DBDesigner4. Z menu (*Database*) wybieramy opcję (*Connect to Database*). Wpi-

⁷⁸ Ibidem.

sujemy nazwę połączenia, parametry oraz nazwę bazy danych. Program wymaga jeszcze podania nazwy użytkownika i hasła oraz zatwierdzenia OK. Następnie z menu (*Database*) wybieramy opcję (*Reverse Engineering*) i w okienku naciskamy (*Connect*). W efekcie naciśnięcia (*Execute*) uzyskujemy listing z diagramem graficznym modelu bazy danych⁷⁹.

1.5.3. Funkcjonalność pakietu typu CASE

Obecnie systemy zarządzania wymagają od oprogramowania szybkiego dostosowywania się do zmieniających wymagań rynku i przepisów. Staje się więc konieczne posługiwanie się odpowiednim narzędziem programistycznym klasy CASE do modyfikacji zwłaszcza zintegrowanych systemów ERP⁸⁰. Mariusz Makuchowski wyraża pogląd, że dla informatyków CASE jest tym, czym CAD/CAM dla inżynierów konstruktorów i technologiców.

Pierwsze pakiety generacji CASE pomagały tylko w tworzeniu dokumentacji w postaci schematów blokowych. Natomiast generatory aplikacji programowych w pożądanym języku zaczęto stosować w latach osiemdziesiątych. Stopniowo rozszerzany był ich zakres funkcjonalny, od graficznego przedstawiania rzeczywistości po generowanie struktury bazy danych, pseudokodu programu i opracowanie kompletnej dokumentacji systemu informatycznego. Przy wspomaganiu tworzenia systemów informatycznych (TSI) wykorzystuje się technologię strukturalną oraz obiektową, wybierając jedną z metod opisu obszarów działalności oraz funkcje. Programy do TSI zawierają procedury z uwzględnieniem reguł stosowanych w diagramach i grafach. Jak już wspomniano, narzędzia fazy początkowej budowy systemu Upper-CASE wspomagają prace w trakcie analizy stanu istniejącego, propozycje jego modyfikacji poprzez graficzne modelowe ukazanie tego na diagramach. Narzędzia niższego poziomu Lower-CASE przeznaczone są do generowania ramowej struktury oprogramowania, modelowania struktury bazy danych i dołączania informacji ze słowników z danego problemu. Ogólnie biorąc, pakiety CASE umożliwiają⁸¹:

- formułowanie graficznych modeli systemu, podsystemu czy też modułu;
- sporządzanie słowników informacji potrzebnych do wypełnienia wygenerowanej ramy kodu źródłowego;

⁷⁹ Ibidem, rys. na s. 10.

⁸⁰ [http://mariusz.makuchowski.staff.iiar.pwr.wroc.pl/download/courses/komputerowe_wspomaganie], dostęp: 20.12.2015.

⁸¹ Ibidem.

- zaprojektowanie menu oraz układu okienkowego korzystania z funkcjonalności systemu;
- sprawdzenia wzajemnej poprawności struktury diagramów;
- automatycznego tłumaczenia programów ze starych wersji języków programowania na nowe.

Z punktu widzenia funkcjonalności oprogramowania narzędzia CASE przeznaczone są do⁸²:

- planowania (metoda PERT, arkusz kalkulacyjny Excel);
- edycji tekstów (Word, edytory diagramów, procesory tekstów);
- zarządzania zmianami (śledzenie wymagań, kontrola zmian);
- zarządzania konfiguracjami (wersjami, budowanie struktur softwarowych i hardwarowych systemu);
- prototypowania systemu (zastosowanie języków wysokiego poziomu, generatorów interfejsu użytkownika);
- wspomagania metod (edytory projektów, słowniki danych, generatory kodów);
- przetwarzania języków (kompilatory, interpretatory);
- analizy programów (generatory wzajemnych odwołań, analizatory statyczne, analizatory dynamiczne);
- testowania (dane testowe, programy porównujące pliki);
- usuwania błędów (interaktywne usuwanie błędów);
- dokumentowania (wykonanie składu, edycja rysunków);
- wyszukiwania (wzajemne odwołania, restrukturyzacja systemów).

Zastosowanie programów wspomagających proces tworzenia systemów informatycznych daje w efekcie ich zestandaryzowanie i zachowanie określonych reguł postępowania. Jak już nadmieniono, pakiety CASE mają strukturę obejmującą moduły:

- „Edytor notacji graficznych”;
- „Kontrola poprawności”;
- „Kontrola jakości”;
- „Generator raportów”;
- „Generator kodu”;
- „Generator dokumentacji technicznej”;
- „Projektowanie interfejsu użytkownika”;
- „Inżynieria odwrotna”;
- „Zarządzanie pracą grupową”;
- „Import/eksport danych”.

Jak już wspomniano, modułem spinającym jest repozytorium stanowiące swoistą encyklopedię informacji systemu obejmującą słowniki potrzeb-

⁸² Ibidem.

ne modułem branżowym, parametry i opcje do kastomizacji i dodatkowe zbiory danych do włączenia w wygenerowany plik po implementacji.

1.5.4. Wspomaganie tworzenia interfejsu użytkownika⁸³

Szybkie tworzenie programów użytkowych (*Rapid Application Development*), zwane RAD, jest techniką sprawnego konstruowania systemów informatycznych, w których obecnie dominującą rolę pełni internetowy interfejs użytkownika. Typowym środowiskiem RAD jest też oprogramowanie klasy CASE, w tym z możliwością generowania kodu źródłowego, realizacją interakcji z bazą danych oraz emisją raportów. Programy interfejsu umożliwiają kierowanie zapytań do bazy danych przez elektroniczne formularze. W aplikacjach klasy RAD występuje komunikacja z arkuszem kalkulacyjnym do realizacji podstawowych operacji obliczeniowych. Środowisko typu RAD, do którego tworzenia opracowano odpowiednią metodologię, obejmuje, jak już nadmieniono, także programy generowania raportów. W tej metodologii kolejne prototypy aplikacji programowych o wielu elementach planuje się wykonać w określonych przedziałach czasowych. Jednak jeśli określony element opcji jest zbyt pracochłonny, to jest pomijany w danej wersji systemu informatycznego.

Zespół projektowo-programowy jest mały i często konsultuje swoje pomysły z przyszłym użytkownikiem. Istota RAD polega na doborze i zestawianiu struktury oprogramowania z gotowych komponentów kodu w określonych językach, korzystaniu z dostępnych bibliotek modułów, aby sprowadzić do minimum manualne pisanie sekwencji kodu źródłowego wymaganych funkcji. Takie postępowanie – nieuwzględniające optymalizacji czasu realizacji poszczególnych funkcji programowych – spotyka się niekiedy z negatywną oceną środowiska informatycznego. Mogą bowiem wystąpić w pakiecie niepotrzebne danemu użytkownikowi interfejsy, funkcje i zbiory w bazie danych. Z tego względu techniki RAD stosowane są w projektowaniu struktur dużych systemów, w szczególności na etapie formułowania wymagań ze strony inwestora. Środowisko narzędzi RAD do budowania interfejsu użytkownika to nie tylko metodologia, ale także specjalizowane pakiety programowe, np.⁸⁴:

- pakiet Microsoft Visual Studio pracujący pod systemami operacyjnymi Windows;

⁸³ Niniejszy rozdział bazuje na prezentacji w internecie: *Przegląd i ewaluacja narzędzi do szybkiego tworzenia interfejsu użytkownika (RAD)* [http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/aqm/123456789/1455/18/Przegląd_i_ewaluacja_narzedzi_do_szybkiego_tworzenia_interfejsu_uzytkownika_%28RAD%29_Bek_Rafa.pdf].

⁸⁴ Ibidem.

- narzędzia firmy Borland;
- Zend Studio jako rozwiązanie dla języka PHP, stanowiące komercyjne zintegrowane środowisko programistyczne oparte na obszernej platformie Eclipse.

Microsoft Visual Studio stanowi zestaw programów z przeznaczeniem dla wielu języków programowania, w tym C++. Pakiet ten, oprócz budowania środowiska interfejsowego użytkownika, umożliwia także modelowanie systemu w zakresie usług sieciowych oraz prowadzenia serwisów internetowych. Jedną z edycji Microsoft Visual Studio jest pakiet Visual Studio Express, obejmujący uproszczone wersje programów z przeznaczeniem głównie dla studentów.

1.5.5. Analiza i modelowanie z zastosowaniem różnych narzędzi

Dokumentację projektową, a w szczególności diagramy do celów edukacyjnych, można przygotować także z użyciem narzędzia MS Visio i zestawić ją w formie pliku pdf. Dokumentacja z etapu analizy i projektowania z zastosowaniem języka np. UML powinna obejmować następujące elementy⁸⁵:

- wymagania użytkownika;
- diagram przypadków użycia;
- analityczny diagram klas;
- projektowy diagram klas;
- scenariusz przypadków użycia;
- diagram aktywności dla przypadków użycia;
- diagram stanu dla klasy;
- diagram interakcji sekwencji;
- projekt GUI obejmujący graficzne interfejsy użytkownika.

W tak opracowanych diagramach językami implementacji są przede wszystkim Java, C#, C++. Pomocnym materiałem w opracowaniu dokumentacji projektowej systemu informatycznego jest książka Marka Trzaski *Modelowanie i implementacja systemów informatycznych*⁸⁶. Ponadto do celów edukacyjnych przydatne są następujące narzędzia programistyczne, przy czym o części z nich już wspomniałem⁸⁷:

⁸⁵ Opracowano na podstawie publikacji w internecie: M. T r z a s k a, *Modelowanie i analiza systemów informacyjnych (MAS)*, Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych [http://users.pja.edu.pl/~mtrzaska/Files/MAS-informacje-internetowe.pdf], dostęp: 30.11.2014.

⁸⁶ M. T r z a s k a, *Modelowanie i implementacja systemów informatycznych*, Warszawa 2008.

⁸⁷ Ibidem.

- narzędzia CASE – edytory diagramów:
 - NetBeans for Java,
 - MS Visio,
 - Visual Paradigm Community Edition,
 - ArgoUML,
 - MagicDraw Community Edition,
 - StarUML.
- IDE:
 - Eclipse for Java,
 - NetBeans for Java,
 - MS Visual Studio, a w tym wersja darmowa MS Visual Express.
- Edytory GUI:
 - wbudowany w NetBeans,
 - Jigloo dla Eclipse,
 - WindowsBuilder Pro dla Eclipse,
 - wbudowany w MS Visual Studio.

Sięgnijmy jeszcze po artykuł internetowy *Przedstawienie możliwości, wad i zalet dwóch wybranych narzędzi CASE*, w którym porównano możliwości pakietów PowerDesigner 9.5 napisany w języku C++ oraz MagicDrawUML 5.5 w Javie⁸⁸. Objasnienia wymagają jednak skróty występujące w artykule:

- OOM (*Object Oriented Model*) – model obiektowy;
- PDM (*Physical Data Model*) – model relacyjny;
- DBMS (*Data Base Management System*) – system zarządzania bazą danych.

Porównując wymienione wcześniej dwa narzędzia programistyczne PowerDesigner 9.5 oraz MagicDrawUML 5.5, wzięto pod uwagę:

- przyjazność interfejsu użytkownika;
- generowanie kodu źródłowego;
- warunki pracy grupowej;
- *reverse-engineering* (czyli możliwość wytworzenia dokumentacji graficznej systemu na podstawie sekwencji kodu w określonym języku programowania).

PowerDesigner służy do modelowania obiektowego i obiektowo-relacyjnego, a MagicDraw tylko do modelowania obiektowego. Jednak oba programy umożliwiają wykonanie następujących diagramów: klas, aktywności, stanów, sekwencji, współpracy, przypadków użycia oraz implementacyjnego. PowerDesigner stosowany jest dodatkowo do opracowania gra-

⁸⁸ *Przedstawienie możliwości, wad i zalet dwóch wybranych narzędzi CASE*, PJWSTK, Warszawa 2003 [Internet].

ficznego diagramów procesu biznesowego i modelu fizycznego systemu. Ma zastosowanie w opracowaniu diagramów modelu PDM i umożliwia umieszczenie na diagramie szczegółów. MagicDraw cechuje dopracowana strona graficzna diagramów, ale można je wykonywać tylko w notacji języka UML. W PowerDesigner można tworzyć modele relacyjne od podstaw.

W generowaniu kodu źródłowego, na podstawie diagramów elektronicznych, oba programy obsługują takie języki, jak: Java, C++, IDL-COBRA, EJB. PowerDesigner ma jeszcze szerszy zakres, w tym wersje języka XML. Ponadto umożliwia generowanie skryptów dla kilku systemów zarządzania bazą danych (DBMS) z możliwością wstawienia przykładowych danych. W MagicDraw można wygenerować z OOM uniwersalny skrypt DDL, niekoniecznie dedykowany do konkretnego DBMS. Wspomniany już *reverse-engineering* daje w obu porównywanych pakietach możliwość konwersji sekwencji kodu źródłowego w dokumentację systemu obiektowego. W zakresie pracy zespołowej klienci PowerDesigner mogą współpracować z komercyjnym oprogramowaniem Sybase Adaptive Server, natomiast korzystający z MagicDraw mają darmowy dostęp do funkcjonalności serwera CVS.

* * *

Obecnie istnieje wiele narzędzi do wspomaganie procesu budowy systemu informatycznego, koniecznych zwłaszcza do zintegrowanego systemu informatycznego klasy ERP ze wspólną bazą danych zasilaną z terminali mobilnych. Poznanie samemu obszernej funkcjonalności komercyjnego profesjonalnego narzędzia klasy CASE jest prawie nieosiągalne. Z tego względu na poziomie studiowania projektowania poszczególnych etapów tworzenia systemu informatycznego warto opanować technikę tworzenia diagramów na bezpłatnie dostępnych w internecie programach, np. StarUML pod Windowsem.

Chcący specjalizować się w projektowaniu systemów powinni sięgnąć także po książkę Jerzego Roszkowskiego *Analiza i projektowanie strukturalne*⁸⁹. Techniki strukturalne są bowiem w dalszym ciągu kluczowe w projektowaniu aplikacji baz danych. W wymienionej książce interesujący jest także dodatek A: *Zastosowanie metod strukturalnych w projektowaniu hurtowni danych*. Tematyka hurtowni danych staje się coraz bardziej istotna w procesie wdrażania systemów zintegrowanych. Autor proponuje, aby w analizie strukturalnej znalazły się następujące fazy cyklu projektowego:

- studium możliwości;
- analiza;

⁸⁹ J. R o s z k o w s k i, *Analiza i projektowanie strukturalne*, Helion, Gliwice 2004 [<http://pdf.helion.pl/anstr3/anstr3-6.pdf>].

- projekt;
- wytworzona na podstawie projektu implementacja oraz dokumentacja systemu;

- przejście na nowoczesny system;
- eksploatacja aplikacji.

Jeśli firma softwarowa dla konkretnego inwestora nie dysponuje gotowym standardem w celu jego dostosowania, to zmuszona jest opracować indywidualny system dedykowany. Zdaniem Jerzego Roszkowskiego⁹⁰ można w tym przypadku posłużyć się metodyką CDM, obejmującą:

- definicję potrzeb biznesowych;
- analizę istniejących systemów;
- opracowanie architektury technicznej;
- projektowanie i budowa bazy danych;
- projektowanie i budowa modułów branżowych;
- konwersję danych.

Dalsze etapy prac to: wykonanie dokumentacji technicznej, testowanie systemu, szkolenie użytkowników, uruchomienie na danych rzeczywistych poszczególnych modułów oraz obsługa serwisowa podczas bieżącej eksploatacji wdrożonego systemu informatycznego.

1.5.6. Zastosowanie metod ilościowych w analizie działalności obiektu

Tradycyjnie zastosowanie informatyki rozpoczynano od księgowości i rozliczania kosztów, gdyż obszary te reagowały na potrzeby zarządu firm ze znacznym opóźnieniem. Zaprojektowane moduły informatyczne wzorowane są na praktykach stosowanych w działach zajmujących się rozliczeniami ilościowymi i wartościowymi. Stopniowo podjęto się prac projektowych nad rachunkowością zarządczą, analityką biznesową stanowiącymi wspomaganie pracy kierownictwa firmy na różnych szczeblach, począwszy od operacyjnego, taktycznego po strategiczny włącznie. Szczególnie ta potrzeba jest odczuwalna w organizacjach stanowiących zgrupowanie przedsiębiorstw produkcyjnych czy też spółek usługowych.

Przystępujący do modelowania systemu informatycznego sfery logistyki, kosztów, finansów, analizy ekonomicznej chętnie sięgnąłby po odpowiednie pozycje literaturowe. Z tego względu, dla ułatwienia pracy potencjalnego projektanta, w niniejszym podrozdziale zamieszczono wybrane przez autora publikacje skupiające się między innymi na metodach ilościowych. Na szczególną uwagę zasługują:

⁹⁰ Ibidem.

- *Podstawy rachunkowości finansowej*⁹¹,
- *Rachunkowość zarządcza*⁹²,
- *Rozwój metod ilościowych analizy ekonomicznej*⁹³,
- *Zaawansowana rachunkowość zarządcza*⁹⁴.

Projektanta systemów informatycznych, który przekształca procedury teoretyczne w schematy sekwencji na potrzeby programistów określonych języków, interesują przede wszystkim przykłady rozwiązań na danych ilościowych. Może je bowiem zrealizować także stosując formuły Excela bądź skorzystać z modułu optymalizacji „Programowanie liniowe i całkowitoliczbowe” pakietu programowego WinQSB.

Celem działalności przedsiębiorstwa jest uzyskanie celów przy możliwie najmniejszych nakładach. Dynamiki przychodów ze sprzedaży powinny być wyższe od dynamiki ponoszonych kosztów. Koszty należą do najważniejszych kryteriów wyboru decyzji w przedsiębiorstwie. Współczynnik efektywności działania określonej firmy jest stosunkiem efektów do poniesionych nakładów.

W ramach kosztów działalności eksploatacyjnej wyróżniamy koszty działalności produkcyjnej, handlowej, usługowej i zarządu. Do ewidencji kosztów posługujemy się różnymi kontami i tak np. na konto działalności podstawowej wlicza się materiały bezpośrednio oraz płace bezpośrednio. Nie wchodząc w strukturę rodzajową kosztów, gdyż to jest domena rachunkowości, proponuję projektującemu moduły informatyczne skorzystać z możliwości programu Excel do:

- obliczenia całkowitego kosztu wytworzenia wyrobów;
- przeprowadzenia kalkulacji według poszczególnych pozycji kosztów;
- wyceny produkcji gotowej i produkcji niezakończonyj na koniec okresu według kosztu przeciętnego;
- ustalenia wielkości produkcji bieżącego okresu oraz kosztu wytworzenia produkcji rozpoczętej i zakończonyj w bieżącym okresie;
- obliczenia kosztu jednostkowego produktu gotowego przy założeniu, że produkcję uboczną wycenia się według planowanego technicznego kosztu wytworzenia;

⁹¹ W. D u c z m a ł, H. L e w a n d o w s k i, *Podstawy rachunkowości finansowej*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2005.

⁹² J. P i e c z o n k a, W. D u c z m a ł, H. L e w a n d o w s k i, *Rachunkowość zarządcza*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2009.

⁹³ A. Ż w i r b l a, *Rozwój metod ilościowych analizy ekonomicznej*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2007.

⁹⁴ E. N o w a k, *Zaawansowana rachunkowość zarządcza*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2003.

- ustalenia kosztu jednostkowego wyrobów, przyjmując, że ich koszty materiałowe są proporcjonalne do ciężaru, natomiast pozostałe koszty proporcjonalne do czasu pracy potrzebnego na ich wytworzenie;
- obliczenia kosztu jednostkowego sprzedanych wyrobów metodą półfabrykatową i bezpółfabrykatową;
- obliczenia jednostkowego kosztu wytworzenia wyrobów w ramach poszczególnych zleceń wyrobów;
- dokonania kalkulacji jednego asortymentu wyrobów;
- ustalenia kosztu jednostkowego, znając pracochłonność jednostkową wyrobu, sumę maszynogodzin oraz kryteria rozliczania kosztów pośrednich;
- ustalenia jednostkowego kosztu według systemu ABC oraz tradycyjną metodą kalkulacji doliczeniowej, rozliczając koszty pośrednie (wydziałowe) proporcjonalnie do płac bezpośrednich.

Dane do ustalenia jednostkowego kosztów wyrobów według systemu ABC obejmują:

- wielkość produkcji;
- koszty materiałów bezpośrednich;
- płace bezpośrednie;
- koszty pośrednie (wydziałowe);
- liczbę maszynogodzin na jednostkę produkcji;
- liczbę dostaw materiałów;
- liczbę serii produkcyjnych;
- liczbę zleceń produkcyjnych.

Na koszty pośrednie składają się koszty następujących działań: dostawy materiałów, technicznego przygotowania produkcji, utrzymania ruchu maszyn, obsługi technicznej. Tak więc podstawami rozliczania kosztów pośrednich są:

- techniczne przygotowanie produkcji – liczba serii produkcyjnych;
- utrzymanie ruchu maszyn – liczba maszynogodzin;
- dostawy materiału – liczba dostaw materiałów;
- obsługa techniczna – liczba zleceń produkcyjnych.

Jednym z elementów rozliczeń w firmie jest budżet rachunku przepływów pieniężnych, który umożliwia określenie zmian sytuacji finansowej firmy z racji przepływu strumieni pieniężnych⁹⁵. Opisuje on działalność przedsiębiorstwa, prezentując wpływy i wydatki, a nie przychody i koszty, w związku z czym dodatkowo korzysta z informacji zawartych w bilansie. Budżet rachunku przepływów pieniężnych można również sporządzać według ustawy o rachunkowości lub w wersji uproszczonej. Dla małych

⁹⁵ Ibidem, s. 300.

działalności możemy skorzystać z Excela, tworząc kilka arkuszy kalkulacyjnych w formie skoroszytu. Rozwiązania komputerowe budżetu rachunku zysku i strat możemy sporządzić w Excelu i obejmuje ono wzajemnie powiązane formułami arkusze kalkulacyjne: budżet sprzedaży, budżet produkcji, budżet jednostkowych kosztów produkcji, budżet kosztu własnego sprzedanych produktów i jako końcowy – budżet rachunku zysków i strat. Gromadzenie danych wynikowych powinno przebiegać z myślą nie tylko o przeprowadzeniu analizy ekonomicznej przedsiębiorstwa, lecz także w celu generowania raportów liczbowych i graficznych analityki biznesowej. Pomocny w tym zakresie jest „arsenał” metod ilościowych zamieszczonych w książce *Rozwój metod ilościowych analizy ekonomicznej*⁹⁶. Przedstawiono w niej klasyczne metody analizy przyczynowej, wpływu czynników sprawczych na określone zjawisko, mianowicie⁹⁷:

- *a priori*: funkcyjną, krzyżowych podstawień, „trzech wag”;
- *a posteriori*: proporcjonalnego podziału odchyień, logarytmiczną, uogólnioną metodę proporcjonalnego podziału odchyień;
- *a posteriori*, określające wpływ zmian czynnika na odchylenie globalne wielkości ekonomicznej, lecz z zastosowaniem klucza podziału;
- niewymagające informacji o wartości odchylenia globalnego rozpatrywanej cechy ekonomicznej;
- średniej arytmetycznej par liczb obserwacji okresu badanego i bazowego;
- metody reszty;
- metody dzielenia na połowy.

W badaniach wykorzystać można rachunek macierzowy Excela, a w jego ramach funkcje macierzy transponowanej, iloczynu macierzy oraz macierzy odwrotnej.

Potrzeba oceny rentowności przedsiębiorstwa spowodowała powstanie koncepcji hierarchicznej modeli zwanych piramidalnymi, bowiem poszczególne wskaźniki dążą do określenia syntetycznego wskaźnika stopy zwrotu kapitału własnego ROE. Stanowi on iloczyn rentowności majątku ogółem ROA i mnożnika kapitału własnego. Zastosowanie narzędzia, jakim jest Excel, umożliwi sformułowanie automatycznie działającego modelu piramidalnego przez zasilanie na najniższym poziomie danymi źródłowymi, a zastosowanie formuł obliczeniowych na kolejnych wyższych szczeblach piramidy hierarchicznej Du Ponta⁹⁸.

⁹⁶ A. Ż w i r b l a, *Rozwój metod ilościowych analizy ekonomicznej...*, op.cit.

⁹⁷ Ibidem.

⁹⁸ Ibidem.

										Rentowność aktywów $R_A = R_s \cdot R_p$ [%]																																																	
										8,33																																																	
										Rentowność sprzedaży $R_s = [(P_s - K_{sp})/P_s] \cdot 100$ [%]										Produktowność aktywów $R_p = P_s/A$																																							
										6,17										1,35																																							
										Przychody ze sprzedaży P_s										Koszty uzyskania przychodu $K_{sp} = K_{rs} + K_{ms} + K_o$										Przychody ze sprzedaży P_s										Aktywa ogółem $A = A_t + A_o$																			
										190 240										178 510										190 240										141 400																			
										Robocizna bezpośrednia K_{rs}										Materiały bezpośrednie K_{ms}										Koszty ogółem K_o										Aktywa trwałe A_t										Aktywa obrotowe A_o									
										100 800										49 700										28 010										60 400										81 000									
										Zapasy Z										Należności N										Środki pieniężne S_p										Pozostałe aktywa obrotowe P_{ob}																			
										25 200										40 100										11 200										4 500																			

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: A. Żwirbła, *Rozwój metod ilościowych analizy ekonomicznej*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2007.

Ryc. 1.5.1. Przykład piramidy wskaźników Du Ponta

Utworzenie w Excelu arkusza z piramidą według idei Du Ponta oraz arkuszy z tablicami pomocniczymi składników źródłowych piramidy umożliwia bieżące przeprowadzanie symulacji kształtowania się cech ekonomicznych z odpowiedzią na pytanie: co, jeżeli?

W założeniach projektowych systemów informatycznych zarządzania, korzystając z modułów pakietu WinQSB, możemy optymalnie rozwiązać następujące problemy decyzyjne:

- określenie struktury asortymentowej;
- wyznaczenie wielkości zlecenia produkcyjnego oraz partii zamówienia na komponenty;
- ustalenie cen sprzedaży wyrobów;
- marszrutyzację przewozów masowych.

Ogólny model zadania decyzyjnego, którego funkcja celu może zdążać do maksimum lub minimum przy zadanych ograniczeniach i warunkach brzegowych ma, przykładowo, w odniesieniu do określenia struktury asortymentowej, postać:

$$FC : z_1x_1 + z_2x_2 + \dots + z_nx_n \rightarrow \max,$$

$$C_1 : a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1,$$

$$C_2 : a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2,$$

$$C_m : a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m,$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0,$$

gdzie: z_j ($j = 1, 2, \dots, n$) – zysk, jaki osiąga dana firma ze sprzedaży jednostki j -tej wyrobu.

* * *

Problematyka zastosowania metod ilościowych w zarządzaniu znajduje swoje odbicie w wielu pozycjach literaturowych. Spośród dostępnej autorowi literatury na uwagę zasługują jeszcze opracowania:

- *Zastosowanie metod ilościowych w ekonomii i zarządzaniu z przykładami praktycznymi różnych metod i analiz zjawisk ekonomicznych lub społecznych*⁹⁹;

- *Metody ilościowe w R. Aplikacje ekonomiczne i finansowe*¹⁰⁰, dające wprowadzenie do ogólnie dostępnego języka R, opis operacji w tym języku, elementy statystyki opisowej, przegląd możliwości reprezentacji graficznej danych, pokazanie metod statystycznych i regresji liniowej, modelowanie na danych panelowych, testowanie szeregów czasowych, modele finansowe i inne, optymalizacja funkcji;

- *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym*¹⁰¹.

Ostatnia z wymienionych książek podaje zainteresowanemu Czytelnikowi szczegółowe matematyczne modele decyzyjne obszaru logistyki z wyszczególnieniem zmiennych biorących udział w rozwiązywaniu problemów:

- przyjmowania/odrzućania zleceń przewozowych wraz z przydziałem pojazdów do zleceń i ustaleniem ich ceny;
- kształtowania portfela usług transportowych;
- ustalania liczebności pracowników oraz przydziału i harmonogramowania pracy;
- marszrutyzacji, czyli planowania tras przewozowych;
- ustalania liczebności taboru zwanego również flotą;
- wymiany taboru.

⁹⁹ S. Forlicz, *Zastosowanie metod ilościowych w ekonomii i zarządzaniu*, CeDeWu, Warszawa 2012.

¹⁰⁰ K. Kopczevska, T. Kopczewski, P. Wójcik, *Metody ilościowe w R. Aplikacje ekonomiczne i finansowe*, CeDeWu, Warszawa 2012.

¹⁰¹ T. Żak, *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym*, Politechnika Poznańska, Poznań 2005.

1.6. Tendencje rozwojowe w wykorzystaniu nowych technologii informacyjnych w obszarze magazynowania¹⁰²

1.6.1. Wprowadzenie

W krajach rozwiniętych jednym z podstawowych bodźców wpływających na wszechstronny rozwój i uzyskanie wysokich efektów ekonomicznych przez przedsiębiorstwa jest obszar zarządzania zwany logistyką. Wolny rynek i duża konkurencja wymuszają potrzebę systemowego traktowania oraz kształtowania funkcji realizowanych przez procesy logistyczne. Znajduje to wyraz w rozwoju i ewolucji logistyki w kierunku koncepcji zintegrowanego zarządzania. Pojęcie „logistyka”, pomimo sporego upływu czasu od momentu narodzin, nie zostało do końca określone, a rozumienie jego ciągle nie jest jednoznaczne. Wcześniej w strategii militarnej znaczyło najszybszy w czasie i przestrzeni sposób transportowania ładunków. Współcześnie E. Gołębska pod pojęciem „logistyka” rozumie proces zarządzaniem łańcuchem dostaw¹⁰³. Intensywne zajmowanie się zagadnieniem logistyki najpierw w USA, a następnie w krajach Europy Zachodniej doprowadziło do różnych interpretacji, powstania wielu definicji oraz koncepcji teoretycznych. Te same określenia rozciągają się na różne aspekty i elementy fizycznej dystrybucji towarów i procesu gospodarowania w przedsiębiorstwie. Jednak sformułowania różnią się pod względem zakresu obejmowanych procesów fizycznego obiegu towarów, ich sposobem traktowania oraz interpretacją szczegółowych celów. Niemniej wykazują one na ogół zgodność co do samej istoty problemów stanowiących ich zasadniczą treść.

Koncepcje logistyki można analizować w trzech aspektach: koncepcyjno-funkcjonalnym przedmiotowo-strukturalnym oraz efektywnościowym. W aspekcie koncepcyjno-funkcjonalnym logistykę rozumie się jako plan zarządzania przepływami dóbr, a także informacji w znaczeniu zbioru metod i funkcji planowania, sterowania, organizowania oraz kontroli, opiera-

¹⁰² Podrozdział opracowano (za zgodą autora) na podstawie pracy licencjackiej: A. Frączyk, Tendencje rozwojowe w wykorzystaniu nowych technologii informacyjnych w logistyce (obszar magazynowania) [praca niepublikowana, w zbiorach WSZiA, Opole 2015].

¹⁰³ E. Gołębska, *Logistyka jako zarządzanie łańcuchem dostaw*, Akademia Ekonomiczna, Poznań 1994, s. 7–8.

jących się na zintegrowanym i systemowym ujmowaniu tych przepływów. Natomiast w aspekcie przedmiotowo-strukturalnym termin „logistyka” to zintegrowany cykl przepływów towarowych i informacyjnych. Aspekt efektywnościowy pojęcia „logistyki” oznacza, że można uważać ją za pewną orientację, a także determinantę wzrostu efektywności, ukierunkowaną na oferowanie klientom pożądanego serwisu, przy równoczesnej optymalizacji struktury kosztów logistyki oraz wzroście ogólnej efektywności zarządzania w przedsiębiorstwie¹⁰⁴. Europejska Konwencja Ministrów Transportu ujmuje logistykę jako skoordynowane techniki kontroli przepływu towarów, przenoszonych i składowanych w cyklu dystrybucji, produkcji, a także zaopatrzenia¹⁰⁵.

Jak można zauważyć z definicji, logistyka to obszerny zakres zagadnień; w tym rozdziale skupiono się tylko na ukazaniu wykorzystania nowych technologii informacyjnych w dziedzinie magazynowania. Obszar ten często decyduje o istnieniu przedsiębiorstwa, niezależnie od jego wielkości czy rodzaju branży. Efektywne zarządzanie procesem magazynowania towarów pozwala na uniknięcie niekorzystnych wahań w procesie produkcji, konsumpcji oraz dostaw. Z perspektywy logistyki istotną rolę w tym przypadku odgrywa przepływ informacji oraz materiałów, który dzięki systemom informatycznym staje się dokładniejszy, a także szybszy. Przybliżono zagadnienia związane z rozwojem systemów magazynowych, a potem wskazano na ewolucję logistyki w ostatnich kilkudziesięciu latach i kształtowane tendencje rozwojowe. Rozważania kończą się ukazaniem współczesnych koncepcji logistyki, wykorzystaniem informatycznych systemów magazynowych i strategii logistycznych.

1.6.2. Nowoczesne koncepcje logistyki

Pierwsze koncepcje menedżerskie, postulujące grupowanie razem czynności związanych z przepływem towarów i usług w celu kompleksowego nimi zarządzania, pojawiły się na początku lat 50. XX wieku. Tej stopniowo rodzącej się gałęzi nadano, jak już wspomniano, nazwę logistyka. Kierowanie tak rozumianymi przepływami może mieć miejsce zarówno w skali makroekonomicznej, a także w skali mikroekonomicznej. Jednak logistyka jako nauka zorientowana na problemy dystrybucji towarów w gospodarce przedsiębiorstw wyodrębniła się w USA. Stopniowo powstają dwa kierunki rozwoju logistyki: fizyczna dystrybucja towarów – dotarcie z produktem do klienta, zarządzanie materiałami, tj. zakup, manipulacje i magazynowanie

¹⁰⁴ P. B l a i k, *Logistyka*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010, s. 20.

¹⁰⁵ F. K a p u s t a, *Logistyka*, Wyższa Szkoła Zarządzania i Marketingu, Poznań 2000, s. 14.

w sferze produkcji. Kolejny etap rozwoju procesów logistycznych przypada na lata 80., kiedy daje się zauważyć integracyjne rozumienie procesów logistycznych. Logistyka zostaje określona jako zarządzanie strumieniami przepływu informacji i materiałów w skali całego przedsiębiorstwa. Zintegrowane działanie procesów logistycznych doprowadza do redukcji kosztów i optymalizacji działań w całym łańcuchu przepływów, dzięki stosowanej koncepcji dostaw komponentów *Just-in-time* (akurat na czas).

W latach 80. rozpoczęła się konkurencja na rynku usług transportowo-spedycyjnych, co z kolei doprowadziło do zwiększenia zakresu poprawy i jakości usług transportowych; powstały wyspecjalizowane firmy spedycyjne. Stosuje się w coraz szerszym zakresie nowocześniejsze techniki informatyczne, co zwiększa szybkość przekazywania informacji (początki internetu, łączność satelitarna, sieć komputerowa). Początek lat 90. to okres wdrażania zintegrowanej koncepcji zarządzania przedsiębiorstwem oraz uwzględnienia powiązań rynkowych. Zawarta w tej koncepcji zintegrowana logistyka opiera się na strategicznym zarządzaniu wszystkimi czynnościami logistycznymi w fazie zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji. Pojawia się tendencja do wydzielenia z przedsiębiorstw pewnych funkcji i obszarów, i przenoszenia ich do wyspecjalizowanych agend. Schyłek lat 90. to globalizacja struktur i działań logistycznych, a wyrazem tego są powiązane ze sobą wspólną siecią informatyczną łańcuchy logistyczne¹⁰⁶.

Logistyka w znaczeniu przedmiotowo-strukturalnym obejmuje zintegrowaną kompozycję przepływów towarów i sprzężonych z nimi informacji. W ramach wspomnianej struktury oraz układów przepływów są wykonywane w sposób celowy różnorodne procedury o charakterze ekonomicznym, technicznym i administracyjnym¹⁰⁷. Wspomniany układ, jak i jego elementy wymagają stałej koordynacji w procesie ich kształtowania i realizacji, co stanowi fundament nowoczesnej koncepcji logistyki. Współczesne bowiem procesy logistycznych to połączenie strumieni rzeczowych oraz informacyjnych. Logistyka tworzy potencjał i jest instrumentem kluczowym marketingu, który wspiera w sposób długofalowy przedsięwzięcia oraz komponenty strategii rynkowej przedsiębiorstwa. Skuteczność oddziaływania logistyki jako instrumentu strategicznego zależy od stopnia połączenia z marketingiem w przedsiębiorstwie oraz od realnego wpływu na podstawowe sfery funkcjonowania przedsiębiorstwa i stopnia zorientowania na rynek¹⁰⁸.

Zarządzanie logistyczno-marketingowe stanowi swego rodzaju przejaw sprzężenia, a także integracji dwóch koncepcji; z jednej strony mamy logi-

¹⁰⁶ Ibidem, s. 24–25.

¹⁰⁷ Z. Piątkowski, M. Sankowski, *Logistyka*, Wyższa Szkoła Zarządzania i Ekonomii, Warszawa 2005, s. 41–43.

¹⁰⁸ Ibidem, s. 57.

stykę jako koncepcję zarządzania przekrojowo ukierunkowaną na przepływy, natomiast z drugiej marketing jako rynkowo zorientowaną koncepcję zarządzania przedsiębiorstwem¹⁰⁹. Logistykę można również traktować jako orientację i koncepcję efektywnościową w ujęciu systemowym, co sprowadza się do racjonalizacji działań przedsiębiorstwa w obszarze zintegrowanych przepływów produktów i informacji, w której podstawową rolę odgrywa odpowiedni poziom oraz jakość świadczonych usług w ramach tych przepływów¹¹⁰. Nowoczesne zasady koncepcji logistyki prowadzą do wzrostu efektywności funkcjonowania przedsiębiorstw oraz umocnienia ich pozycji konkurencyjnej na rynku.

1.6.3. Gospodarka elektroniczna w logistyce

Sprawna realizacja rozwiązań logistycznych wymaga wykorzystania przez wszystkie ogniwa łańcucha dostaw nowoczesnych technologii informatycznych i technik zarządzania, które z uwagi na ich rolę określane są jako wspomagające. Zarządzanie łańcuchem dostaw wspomagają obecnie zintegrowane systemy informatyczne i coraz szybciej wchodzące rozwiązania biznesu elektronicznego¹¹¹. Usprawnieniu procesu logistycznego sprzyjają nowe możliwości finansowania transportu oraz magazynowania (*leasing*), a także komunikacji (internet) oraz wchodzenie w gospodarkę elektroniczną; działają firmy zajmujące się handlem elektronicznym. Nowatorskim projektem na polskim rynku jest e-logistyka, która ma być źródłem informacji oraz porad dla małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce. W procesie dystrybucji producenci przez internet kontaktują się z centrum obsługi klienta, które zajmuje się obsługą zamówień kierowanych przez klientów do producenta i wysyłką.

Poprzez intranet (czyli wewnętrzną sieć przedsiębiorstwa) zostają zgromadzone i skonsolidowane informacje o zamówieniach. Mogą one później w postaci kodowanej zostać przekazane do dostawców również w postaci zdjęć i rysunków. Internet umożliwia także rozpisanie przetargu i zebranie propozycji cenowych od wielu dostawców z całego świata. Także firmom zajmującym się szukaniem dostawców na zlecenie umożliwia to wydajniejszą pracę¹¹². W logistyce internet jest użytkowany w wielu zakresach zarządzania łańcuchem dostaw.

¹⁰⁹ P. Błażk, *Logistyczno-marketingowe procesy i systemy jako determinanty efektywności i sukcesu przedsiębiorstwa*, [w:] P. Błażk, R. Matwiejczuk, T. Pokusa, *Integracja marketingu i logistyki – wybrane problemy*, Politechnika Opolska, Opole 2005, s. 55.

¹¹⁰ P. Błażk, *Logistyka...*, op.cit., s. 60.

¹¹¹ S. Tarnowski, *Zarządzanie łańcuchem dostaw w dobie gospodarki elektronicznej*, „Logistyka” 2001, nr 6, s. 17.

¹¹² Ibidem, s. 19.

Jednym z elementów wdrażania współczesnych rozwiązań logistycznych jest stosowanie zasad ECR (*Efficient Consumer Response*). Pierwszą grupę tworzą technologie wspomagające procesy i kontrolę ich efektywności, do których zaliczamy: elektroniczną wymianę dokumentów – EDI, elektroniczny transfer środków pieniężnych – EFT, automatyczną identyfikację – AI, zarządzanie bazą danych – DM, rachunek kosztów działań – ABC. Drugą stanowią techniki i technologie integrujące procesy, z których najważniejsza to wspólne realizowanie w ramach wspólnego planowania, prognozowania i uzupełniania – CPFR (*Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment*)¹¹³.

Wiele jest technik automatycznej identyfikacji. W zależności od sposobu identyfikacji obiektów możemy podzielić je na sześć grup; pierwsza to techniki optyczne: kody kreskowe, rozpoznawanie obrazu, rozpoznawanie znaków graficznych oraz pisma; druga to techniki magnetyczne: taśmy magnetyczne i rozpoznawanie atramentu magnetycznego; trzecia to techniki elektromagnetyczne: identyfikacja i komunikacja radiowa. Istnieją jeszcze techniki biometryczne: rozpoznawanie głosu, odcisków palców i tęczówki oka, a także techniki dotykowe, czyli ekrany dotykowe i pamięć kontaktowa oraz pozostałe techniki, do których zaliczamy np. karty inteligentne¹¹⁴. Każda z wymienionych technik AI ma określone zalety oraz zakres stosowania; każda umożliwia zbieranie oraz wprowadzanie danych do systemu informatycznego, zapewniając szybkie uzyskiwanie bieżącej, bezbłędnej i pewnej informacji.

Z metodologicznego punktu widzenia różnica między ABC a tradycyjnymi systemami rachunkowości polega na tym, że jako źródła powstawania kosztów traktowane są działania, a nie produkty lub usługi. ABC alokuje bezpośrednio i pośrednio koszty organizacji do czynności zużywających zasoby organizacji, a następnie przypisuje koszty realizacji działań do produktów, klientów lub kanałów dystrybucji, których one dotyczą¹¹⁵.

1.6.4. Współczesna gospodarka magazynowa

Gospodarka magazynowa stanowi jeden z podstawowych podsystemów w systemie logistycznym przedsiębiorstwa. Czynności magazynowe przedsiębiorstwa można scharakteryzować według trzech zasadniczych aspektów: organizacyjnego, technicznego oraz ekonomicznego. Należy wspomnieć jeszcze o aspekcie informacyjnym, i to zarówno z punktu widzenia

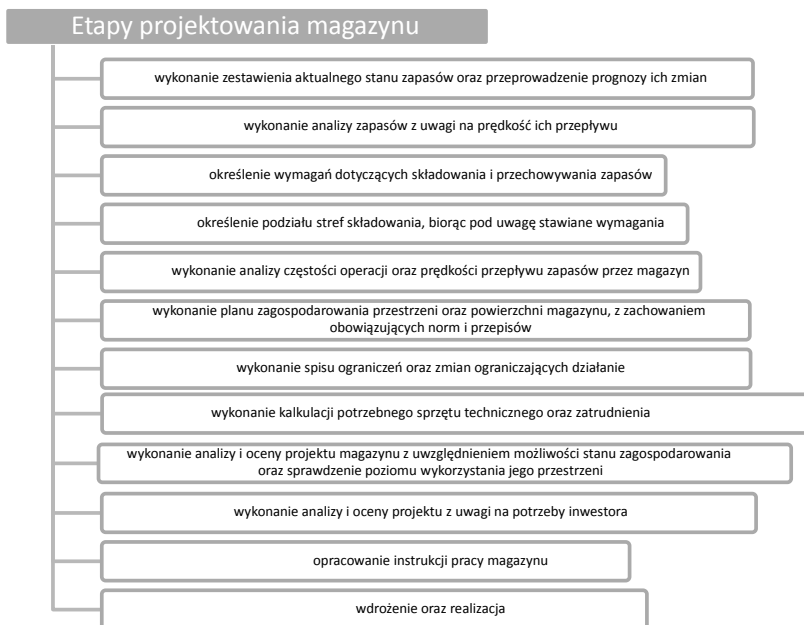
¹¹³ Ibidem, s. 77–78.

¹¹⁴ Ibidem, s. 79.

¹¹⁵ T. Zieliński, *Rachunek kosztów działań ABC w audycie logistycznym przedsiębiorstw*, „Logistyka” 2001, nr 1, s. 11–12.

potrzeb planowania strategicznego, taktycznego, jak i operacyjnego (działalności bieżącej przedsiębiorstwa)¹¹⁶. Magazyn jest jednym z elementów tworzących cały system logistyczny. W łańcuchu logistycznym, stanowiącym integralną część systemu logistycznego, można wyróżnić momenty, w których przepływające materiały oraz wyroby gotowe ulegają zatrzymaniu. Zjawisko to jest opisywane funkcjami magazynowania, których natężenie zależy od specyfiki prowadzonej działalności gospodarczej¹¹⁷.

Podstawowym do rozstrzygnięcia zagadnieniem w trakcie projektowania magazynów jest jego wielkość i szybkość przepływu przezeń zapasów. Czynnikiem decydującym, który narzuca określone zagospodarowanie przestrzeni w magazynie, jest jego kubatura wewnętrzna. Określana jest ona mianem zespołu ograniczeń budowlanych. Jednak największe znaczenie, bez względu na zagadnienia poruszane podczas projektowania magazynu, ma trafność prognozowania¹¹⁸. Model wykorzystywany podczas projektowania magazynu obejmuje wiele etapów (ryc. 1.6.1).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: R. K a c p e r c y k, *Projektowanie i realizacja zadań logistycznych w gospodarce magazynowej*, Instytut Technologii Eksploatacji, Radom 2007, s. 11.

Ryc. 1.6.1. Etapy modelu projektowania magazynu

¹¹⁶ Ibidem, s. 39.

¹¹⁷ M. G u b a ł a, J. P o p i e ł a s, *Podstawy zarządzania magazynem w przykładach*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2005, s. 18.

¹¹⁸ Ibidem, s. 17–18.

Analizując proces magazynowania, ustala się grupy towarów według różnych kryteriów, np. wymaganej przestrzeni magazynowej, warunków klimatycznych w magazynach. Ze względu na organizację pracy magazynu ważne jest odpowiednie rozmieszczenie towarów w strefie składowania. Wpływa ono na pracochłonność realizowanych procesów, wielkość wymaganej przestrzeni składowania oraz efektywne zarządzanie magazynem. Rozmieszczanie towarów w magazynie uzależnione jest od metod przeznaczania miejsc na składowanie danego asortymentu – metodę stałych miejsc składowania, metodę wolnych miejsc składowania.

1.6.5. Stosowanie standardów w zakresie identyfikacji transakcji kodami kreskowymi

Podstawowym elementem usprawnienia organizowania pracy w gospodarce magazynowej jest wdrożenie systemu GS1. Stanowi on zestaw międzybranżowych standardów, które umożliwiają efektywne zarządzanie globalnymi łańcuchami dostaw. Możliwe jest to dzięki unikalnej identyfikacji produktów, jednostek wysyłkowych, zasobów, lokalizacji oraz usług. W kodzie kreskowym systemu GS1 zawarte są takie informacje, jak np.: numery partii produkcji, daty ważności, liczba opakowań podrzędnych w opakowaniu zbiorczym i inne¹¹⁹. Globalne numery Systemu GS1 ustalane są przez międzynarodową organizację, która nadaje numery wszystkim istniejącym formom opakowaniowym. Odpowiednia numeracja nadawana jest również przedsiębiorstwom biorącym udział w przemieszczaniu opakowań. Teraz zostaną omówione i pokazane niektóre z kodów.

Oznaczenia EAN/UPC

Handlowe jednostki, które sprzedawane są w detalicznych punktach sprzedaży, muszą być znakowane kodem kreskowym z jednym z oznaczeń EAN/UPC: UPC-E lub EAN-8 albo UPC-A lub EAN-13. Mogą nimi być również oznaczone jednostki handlowe sprzedaży detalicznej. Jeżeli warunki druku i/lub jakość podłoża nie są wystarczająco dobre, może zaistnieć konieczność użycia etykiet z kodem kreskowym. Przedstawione kody kreskowe mają wymiary nominalne, łącznie z jasnymi marginesami. Dla każdego rodzaju kodu kreskowego podane są wielkości minimalne i maksymalne¹²⁰.

¹¹⁹ Ibidem, s. 30.

¹²⁰ *Podręcznik stosowania systemu GS1*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008, s. 34.



Źródło: *Podręcznik stosowania systemu GSI*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008, s. 34.

Ryc. 1.6.2. Symbole EAN-8 i EAN-13

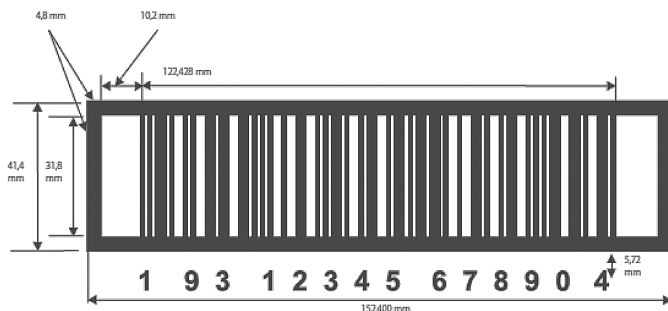


Źródło: *Podręcznik stosowania systemu GSI*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008, s. 34.

Ryc. 1.6.3. Symbole UPC-A, UPC-E

Symbole ITF-14

Dla firm, które chcą drukować kody kreskowe bezpośrednio na kartonie, a zwłaszcza na tekturze, właściwszy jest symbol ITF-14. Dopuszczalne są nieco większe tolerancje druku. Możliwe jest wcześniejsze nadrukowywanie lub bezpośredni nadruk techniką transferu atramentowego lub termicznego. Rycina pokazuje wielkość symbolu ITF-14 o współczynniku 100%. Ciemne i jasne linie kodu ITF-14 są szersze i węższe, a stosunek pomiędzy szerokimi i wąskimi liniami wynosi 2,5:1. Symbol ITF-14 można powiększyć maksymalnie do 120%, zmniejszyć do 25% wielkości nominalnej. Jednak efektywność odczytu w każdym środowisku, łącznie ze skanowaniem na przenośnikach, można zapewnić, stosując powiększenie minimum 50%. Oznacza to, że symbole ITF-14 powiększone od 25% do 50% mogą być stosowane wyłącznie poza ogólną dystrybucją. Zaleca się przechodzenie na maksymalne powiększenie 100%.



Źródło: *Podręcznik stosowania systemu GSI*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008, s. 35.

Ryc. 1.6.4. Symbol ITF-14

Symbole GS1-128

Symbole te mają zmienną długość, zależną od liczby zakodowanych znaków, ich rodzaju i osiągniętej jakości wydruku. Symbole GS1-128 mogą być drukowane w powiększeniu od 100% i pomniejszone do 25% wielkości nominalnej, jednak efektywność odczytu w każdym środowisku, łącznie ze skanowaniem na przenośnikach, można zapewnić, stosując powiększenie min 50%. Symbol jest dedykowany przez skanery stacjonarne i przenośne do odczytu dwukierunkowego.



Źródło: *Podręcznik stosowania systemu GSI*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2008, s. 36.

Ryc. 1.6.5. Symbole GS1-128

GS1 DataBar

Począwszy od 1 stycznia 2010 r. w punktach sprzedaży detalicznej, obok dotychczas stosowanych kodów kreskowych UPC-E, UPC-A, EAN-8 i EAN-13, zaczęły funkcjonować nowe, mniejsze kody kreskowe GS1 DataBar, w których zakodowany będzie tylko identyfikator towaru – numer GTIN: 13- i 12-cyfrowy (numer amerykański). Oznacza to, że od tej daty sieci handlowe i sklepy detaliczne, po dwustronnych uzgodnieniach ze

swoimi dostawcami, będą mogli używać następujących kodów z rodziny DataBar: GS1 DataBar wielokierunkowy i GS1 DataBar spiętrzony wielokierunkowy.



Źródło: [<http://www.gs1pl.org/system-gs1/standardy-gs1>], dostęp: 17.11.2015.

Ryc. 1.6.6. Symbole DataBar

GS1 DataMatrix

Kod DataMatrix to jeden z nowych symboli, jaki przed kilku laty został włączony do standardów GS1; dwuwymiarowy, odczytywany przez skanery obrazu dwuwymiarowego lub systemy wizyjne. Kod ten, z racji swoich cech, jest szczególnie predystynowany do zastosowań jako¹²¹:

- bezpośrednie znakowanie części, np. znakowanie mikropunktowe na takich jednostkach, jak metalowe części motoryzacyjne i lotnicze, narzędzia medyczne i implanty chirurgiczne;
- trawienie laserowe lub chemiczne części z niskim kontrastem lub jasno znakowanymi elementami na ciemnym podłożu (np. płytki drukowane i elementy elektroniczne, narzędzia medyczne, implanty chirurgiczne);
- wydruk atramentowy o dużej prędkości, wykonywany na częściach i elementach, gdzie znakowanie punktami nie może tworzyć odczytywanych przez skanery symboli liniowych;
- bardzo małe artykuły, które wymagają kwadratowego kształtu i/lub nie mogą być znakowane w przydzielonej na opakowaniu powierzchni za pomocą istniejącej symboliki o zmniejszonej powierzchni (GS1 DataBar) i symbolik złożonych.



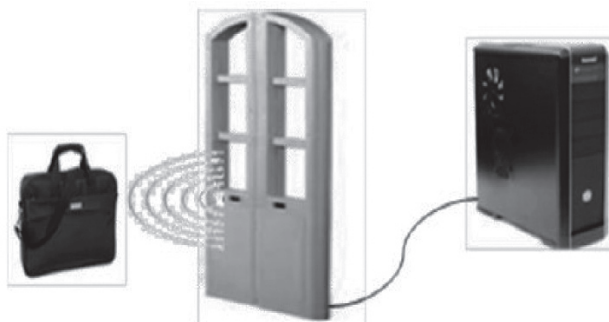
Źródło: [<http://www.gs1pl.org/system-gs1/standardy-gs1>], dostęp: 17.11.2015.

Ryc. 1.6.7. Symbole DataMatrix

¹²¹ [<http://www.gs1pl.org/system-gs1/standardy-gs1>], dostęp: 17.11.2015.

1.6.6. Technologia RFID

Technologia RFID (*Radio Frequency Identification*) przesyła dane falami radiowymi; jest technologią niezawodną i szybko identyfikuje przedmioty, osoby, a także zwierzęta. RFID składa się z trzech elementów: transpondera (zwanego tagiem), czytnika i anteny oraz oprogramowania. W przeciwieństwie od kodów kreskowych identyfikator z zakodowanymi informacjami nie musi być widoczny. Wystarczy, że identyfikator jest w zasięgu czytnika. Dodatkowo czytniki mogą rozpoznawać i identyfikować wiele obiektów w jednym czasie – nawet tych będących w ruchu. Dzięki tym zaletom technologia RFID zdobywa coraz większą popularność i znajduje zastosowanie, m.in. w bankowości, handlu oraz transporcie.

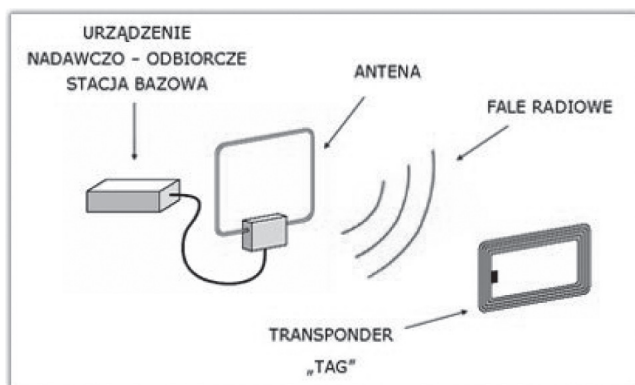


Źródło: H. Mazur, Z. Mazur, *Systemy automatycznej identyfikacji – zastosowanie i bezpieczeństwo danych*, „Studia Informatica” 2012, nr 33, s. 200.

Ryc. 1.6.8. Odczyt danych w technologii RFID

Zarejestrowane w transponderze we właściwym formacie dane zawierają niepowtarzalny identyfikator (tagID). Dane te mogą być kodowane, zabezpieczane hasłem wielokrotnie oraz zapisywane i odczytywane. Transponder może mieć postać karty, żetonu, etykiety, opaski na rękę, ponieważ może być umieszczony w różnych obudowach.

Podstawowy system RFID składa się z dwóch układów elektronicznych: czytnika zawierającego generator wielkiej częstotliwości, obwód rezonansowy z cewką będącą jednocześnie anteną oraz woltomierz wskazujący wartość napięcia panującego w obwodzie rezonansowym (detektor); drugą częścią systemu jest transponder, nazywany również znacznikiem lub tagiem. Zawiera on obwód rezonansowy dostrojony do częstotliwości sygnału w czytniku oraz mikroprocesor, który za pomocą przełącznika zwiiera (tłumi) lub rozwiera obwód rezonansowy.



Źródło: [<http://www.systemyidentyfikacji.pl/>], dostęp: 21.11.2015.

Ryc. 1.6.9. Budowa RFID

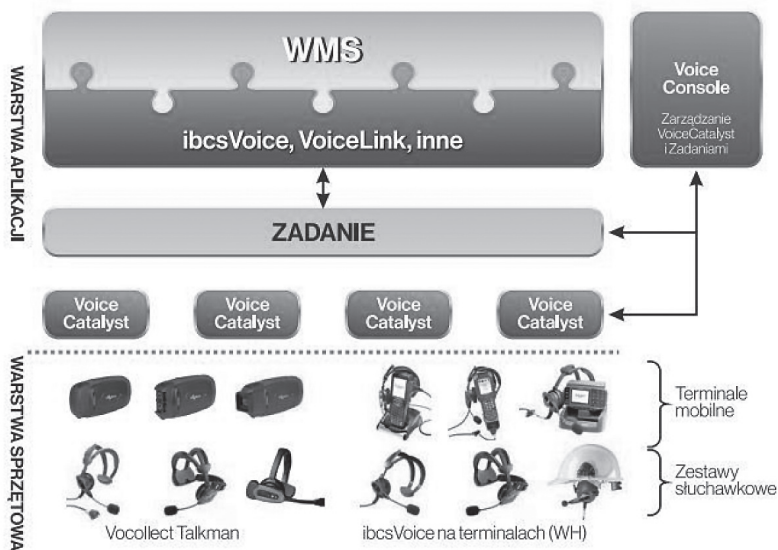
1.6.7. Technologia *Voice Picking*

Systemy głosowe to rozwiązania wykorzystujące innowacyjne technologie, które rozpoznają mowę i przekształcają teksty na polecenia głosowe. Technologie te nie tylko wspierają kompletację towarów, ale też całą realizację procesów logistycznych. Terminale głosowe w wielu przypadkach są zdecydowanie korzystniejszym narzędziem w porównaniu do tradycyjnych terminali radiowych, ponieważ poprawiają ergonomię pracy i cechują się wysoką dokładnością oraz wydajnością. W centrach dystrybucyjnych oraz magazynach systemy głosowe są coraz częściej wdrażane i stosowane, ponieważ takie rozwiązania sprawdzają się przede wszystkim w miejscach, w których ważne jest efektywne zarządzanie procesami logistycznymi. Z tego typu rozwiązań najchętniej korzystają firmy logistyczne, sieci handlowe. Technologie użytkujące systemy głosowe coraz częściej możemy spotkać także w przemyśle. Określenia „Pick by Voice”, „Voice Picking” czy „Pick to Voice” cieszą się już popularnością, ponieważ wykorzystywanie technologii systemów głosowych w procesach kompletacji towarów przynosi największy zwrot z inwestycji¹²². Nośnikiem informacji w systemach typu *Voice Picking* są głosowe komunikaty pomiędzy osobą operującą a systemem informatycznym WMS.

Główne elementy systemów głosowych to: interfejs pomiędzy systemem głosowym i systemem WMS, komputer mobilny, czyli przenośny terminal głosowy, zestaw słuchawkowy, aplikacja zarządzająca – konsola. Na świecie technologia głosowa znalazła już zastosowania w gospodarce

¹²² Informator przemysłowy [www.logismarket.pl], dostęp: 19.11.2015.

magazynowej – od małych spożywczych magazynów, poprzez hurtownie farmaceutyczne, aż po wielkopowierzchniowe centra dystrybucyjne i logistyczne. Osoba pracująca w magazynie, dzięki terminalom głosowym talkman, może otrzymać każdą niezbędną do wykonania zadania informację, która jest dostępna w systemie komputerowym. Z systemu głosowego operator otrzymuje polecenia głosowe oraz głosem potwierdza ich wykonanie, zgodnie z przygotowanym scenariuszem. Scenariusz wszystkich operacji jest zawsze dobrany do indywidualnej organizacji.



Źródło: [<http://www.ibcs.pl/technologie/systemy-glosowe>], dostęp: 20.11.2015.

Ryc. 1.6.10. Budowa systemu głosowego

Przykładowo system *Vocollect* umożliwia osiągnięcie wysokiej dokładności kompletowania wydawanych towarów, a także jest odporny na zmiany tonacji głosu operatora. W razie zdecydowanej zmiany głosu operatora przed przystąpieniem do pracy systemu można przeprowadzić kilkuminutowy trening, w którym system nauczy się nowego brzmienia jego głosu¹²³. Technologia *Vocollect*, dzięki funkcji dokładnego śledzenia cyklu życia produktu, poprawia procesy dostaw, minimalizując liczbę pomyłek. Najważniejszą cechą terminali głosowych jest dwukierunkowy dialog między osobami pracującymi w magazynie a systemem zarządzającym. Aplikacje

¹²³ Portal do świata logistyki i systemów IT [<http://www.logistica.pl>], dostęp: 20.11.2015.

głosowe mogą być też wprowadzane jako dopełnienie obecnych systemów klasy RFID. Terminale głosowe talkman pozwalają pracownikom magazynu na otrzymanie każdej niezbędnej informacji, która jest dostępna w systemie komputerowym. Największe korzyści z systemów *Vocollect* osiąga się przy kompletacji towarów, a także tam, gdzie używanie tradycyjnych narzędzi jest niewygodne oraz trudne, np. w chłodniach. Równoległe zastosowanie technologii głosowych i RFID znacznie podnosi efektywność procesów magazynowych. Jeśli połączymy obie technologie, to uzyskamy odpowiednik „mówiącego identyfikatora”.

1.6.8. Automatyzacja procesu magazynowania

Automatyka zrewolucjonizowała pracę w magazynach. Automatyka magazynowa musi być dostosowana do rodzaju prowadzonej działalności i schematu działania całej firmy. Dopasowany do potrzeb przedsiębiorstwa nowoczesny magazyn sprawdza się wszędzie tam, gdzie liczy się czas reakcji. Pozwala to z jednej strony na planowanie zapotrzebowania materiałowego, z drugiej – sprawne reagowanie na zmieniające się potrzeby odbiorców towaru z magazynu. Połączenie korzyści wynikających z zastosowania systemu informatycznego kierującego magazynem i rozwiązań automatycznie realizujących rodzące się potrzeby to kierunek do optymalizacji procesów magazynowych¹²⁴.

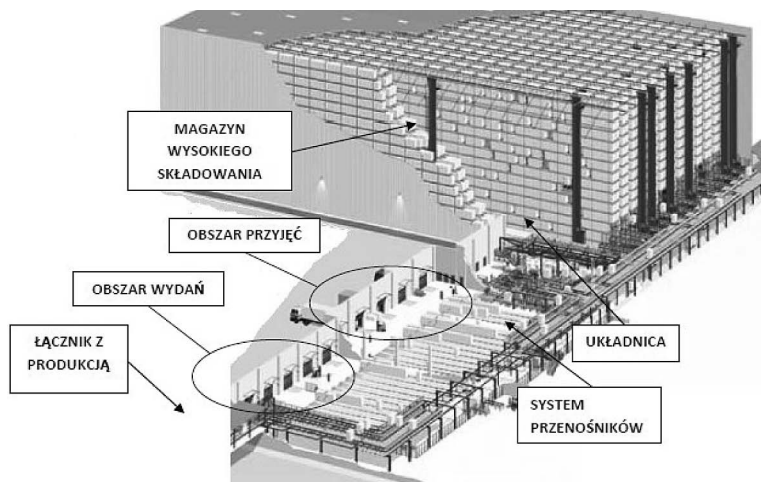
Automatyka pozwala na budowę coraz wyższych magazynów. Większa liczba pięter to oszczędności związane z mniejszą powierzchnią całego obiektu, kosztami jej zakupu lub wynajęcia. Co więcej, urządzenia transportowe mogą być połączone z liniami produkcyjnymi, a produkty pakowane w zakładzie trafiać bezpośrednio do miejsca ich paletowania. Po zabezpieczeniu folią paleta z przypisanym kodem kreskowym i zarejestrowana w systemie będzie umiejscowiona w wyznaczonej przestrzeni. System informatyczny zapewni optymalizację miejsca magazynowego i kompleksową inwentaryzację, ułatwi łączenie zamówień, gdy zajdzie taka potrzeba. W systemie informatycznym są zaprogramowane konkretne zadania, co sprawia, że komputery nie wymagają dodatkowego programowania¹²⁵.

Wykorzystanie *high-tech* jest najbardziej zaawansowaną formą automatyzacji. Przykłady możemy spotkać w automatycznych magazynach wysokiego składowania, gdzie układnice magazynowe przejmują rolę wózków widłowych. Układnice te mogą obsługiwać palety na regałach o wysokości do 40 metrów. Dostępna do wykorzystania przestrzeń magazynowa jest

¹²⁴ M. J u r c z a k, *Człowiek kontra maszyna*, „Automatyka Magazynowa” 2009, nr 10, s. 11.

¹²⁵ *Ibidem*, s. 12.

optymalnie zagospodarowana w sposób szybki oraz bezpieczny. System informatyczny, który zarządza lokalizacją i rozmieszczaniem ładunków, obsługiwany jest bardzo często przez jedną osobę. Magazyn wysokiego składowania można podzielić na dwa główne obszary: obsługiwany przez człowieka, oraz drugi – w pełni zautomatyzowany.



Źródło: I. Malanowska, P. Fajler, *Zastosowanie nowoczesnych technologii dla zwiększenia efektywności zarządzania magazynem*, „E-Mentor” 2011, nr 2, s. 4.

Ryc. 1.6.11. Schemat magazynu wysokiego składowania

System informatyczny zarządzania magazynem WMS kompleksowo nadzoruje ten proces, a rola człowieka ograniczona jest do obsługi tego systemu. Zadaniem osób obsługujących zintegrowany system informatyczny oraz system mechaniczny jest zweryfikowanie, co się wydarzyło i podjęcie czynności mających na celu wyeliminowanie błędów.

1.7. Modelowanie ekonometryczne pomocne w projektowaniu systemów

1.7.1. Użycie algebry liniowej macierzy

1.7.1.1. Informacje wprowadzające

W modelowaniu ekonometrycznym regresji liniowej wielowymiarowej w odniesieniu do zadań praktycznych występują długie szeregi obserwacji zmiennych. Zmienną objaśniającą traktować możemy jako wektor kolumnowy, a obserwacje zmiennych objaśniających jako macierz. Pomocne w tym zakresie, jak również w analizie statystycznej i modelowaniu ekonometrycznym, są wzory zamieszczone w rozdziale 2.19. niniejszej pracy: *Wzory pomocnicze w projektowaniu algorytmów*.

Do zaprezentowania formułowania modelu liniowego wielowymiarowego opartego na wektorze oraz macierzy obserwacji określonego zjawiska ekonomicznego posługujemy się równaniem macierzowym:

$$\mathbf{a} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y}, \quad (1)$$

gdzie:

\mathbf{a} – wektor współczynników stojących przy poszczególnych zmiennych objaśniających,

\mathbf{X} – macierz wartości zmiennych objaśniających,

\mathbf{X}^T – macierz transponowana macierzy \mathbf{X} ,

\mathbf{y} – wektor obserwacji zmiennej objaśnianej.

Widzimy, że zachodzi potrzeba wprowadzenia do określonego środowiska programowego wektora \mathbf{y} oraz macierzy \mathbf{X} . Dokonujemy zatem transpozycji macierzy \mathbf{X} , uzyskując macierz transponowaną \mathbf{X}^T . W kolejności musimy wykonać następujące operacje na macierzach:

- pomnożyć macierz transponowaną \mathbf{X}^T i macierz \mathbf{X} , uzyskując w wyniku macierz $[\mathbf{X}^T \mathbf{X}]$;

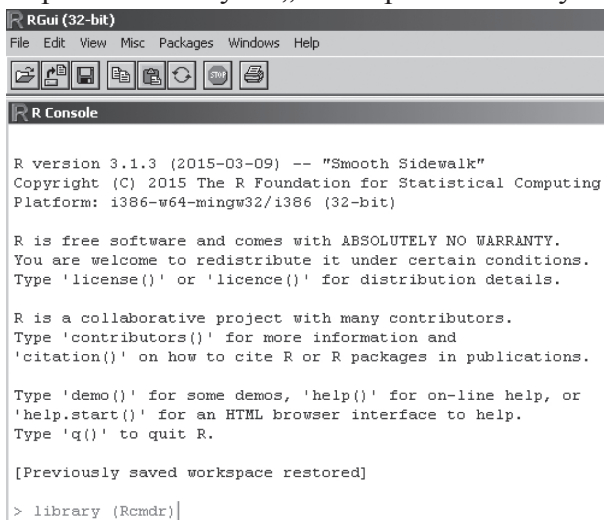
- wyznaczyć macierz odwrotną $[\mathbf{X}^T \mathbf{X}]^{-1}$;

- pomnożyć macierz transponowaną \mathbf{X}^T i wektor \mathbf{y} , uzyskując macierz $[\mathbf{X}^T \mathbf{y}]$;

• pomnożyć dwie macierze wynikowe $[X^T X]^{-1}$ i $[X^T y]$, uzyskując w efekcie końcowym wektor współczynników **a**.

Rozwiązanie komputerowe możemy uzyskać, posługując się różnymi programami. Zademonstrowano to na przykładzie funkcji REGLINP() i funkcji macierzowych Excela oraz przy zastosowaniu funkcji coraz popularniejszego programu R stosowanego do metod ilościowych. Spośród funkcji macierzowych Excela do naszego równania macierzowego niezbędne są: MACIERZ.ILOCZYN() oraz MACIERZ.ODW(). Do transpozycji stosuje się menu (*Narzędzia główne*) Excela w zakresie kopiowania, a następnie wklejenia specjalne z opcją (*Transpozycja*). Program R do naszych potrzeb proponuje funkcje:

- formułowania wektorów zmiennych i sklejania ich w macierze;
- operator mnożenia macierzy (*);
- funkcje utworzenia macierzy odwrotnej oraz jej sprawdzenia;
- pomocnicze funkcje do obliczenia wyznaczników, wymiaru macierzy, wektora przekątnej diagonalnej;
- funkcje do składania nowych macierzy z innych obiektów, tj. macierzy i wektorów¹²⁶. Skorzystanie z funkcjonalności pakietu R wymaga pobrania z serwera lokalnego programu Rcmdr, o ile nie jest jeszcze zainstalowany na naszym komputerze. Sprawdzamy to komendą **library Rcmdr**, co pokazuje okno wejściowe pakietu R w trybie „RGui” pokazane na rycinie 1.7.1.



```
RGui (32-bit)
File Edit View Misc Packages Windows Help
[Icons]

R Console

R version 3.1.3 (2015-03-09) -- "Smooth Sidewalk"
Copyright (C) 2015 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: i386-w64-mingw32/i386 (32-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

[Previously saved workspace restored]

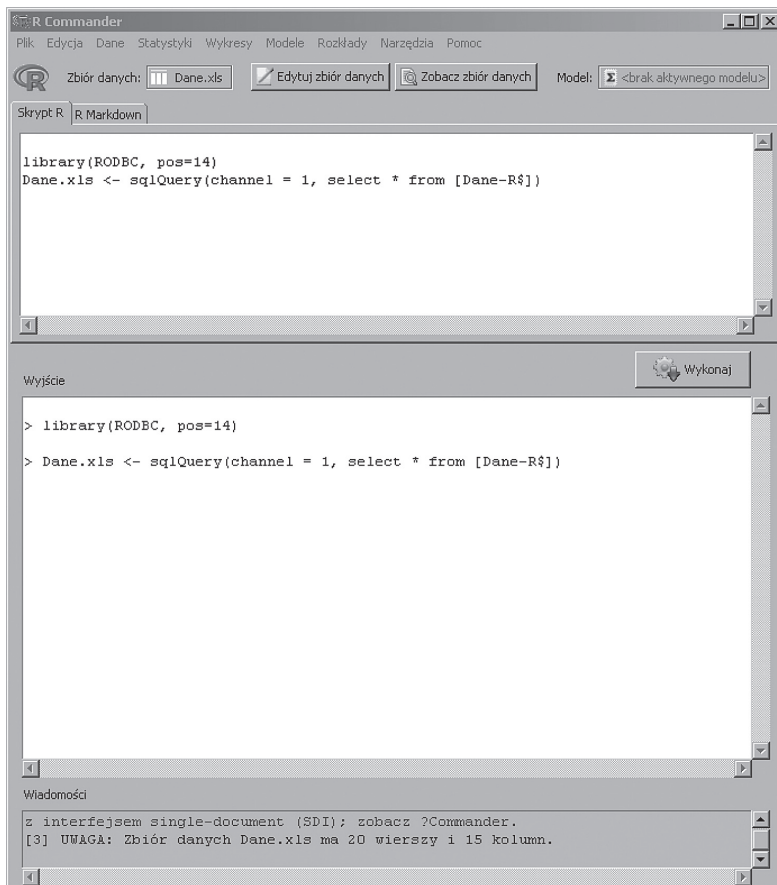
> library(Rcmdr)
```

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.7.1. Zapytanie programowe o zainstalowaniu programu Rcmdr w bibliotece

¹²⁶ Opracowanie oparto na formułach funkcji programu R zamieszczonych w książce: K. K o p c z e w s k a, T. K o p c z e w s k i, P. W ó j c i k, *Metody ilościowe w R...* op.cit., rozdz. 17.3: *Podstawowe operacje na macierzach*.

Wywołanie programu Rcmdr skutkuje zmianą trybu współpracy ze skryptowej na windowsową (okienkową), obsługiwaną przez program R Commander. Na ekranie pojawiają się trzy podokna: „SkryptR”, „Wyjście”, „Wiadomości”. Korzystamy z menu i możemy obserwować generowanie przez R kodu źródłowego w podoknie „SkryptR”. Po akceptacji menu występuje reakcja programu w podoknie „Wyjście”. Uwagi o poprawności lub usterkach pojawiają się w podoknie „Wiadomości”. Tryb windowsowy stosowany jest tylko do zawężonej funkcjonalności R, jest jednak pomocny do nauki pisania skryptów (kodu źródłowego) i symulacji zachowania pakietu R przy wywołaniu określonej funkcji menu. Menu główne R Commander obejmuje grupy funkcji: (*Plik*), (*Edycja*), (*Dane*), (*Statystyki*), (*Wykresy*), (*Modele*), (*Rozkłady*), (*Narzędzia*), (*Pomoc*) (ryc. 1.7.2). W zakresie zbioru danych R Commander informuje o bieżącej aktywności zbioru oraz daje możliwość jego edycji lub podglądu. Pojawia się również informacja o zastosowanym modelu w danej sesji obliczeniowej.



Źródło: Opracowanie własne z zastosowaniem programu R.

Ryc. 1.7.2. Okno trybu windowsowego

1.7.1.2. Estymacja parametrów modelu zmiennej X_3 w środowisku R

Do pracy testowej funkcji macierzowych skorzystamy ze zbioru autora niniejszej pracy założonego wcześniej¹²⁷. W tej publikacji efektem prac z udziałem programu GRETL był model:

$$x_3 = a_0 + a_1x_9 + a_2x_{25} + a_3x_{78},$$

gdzie:

x_3 – liczba bezrobotnych,

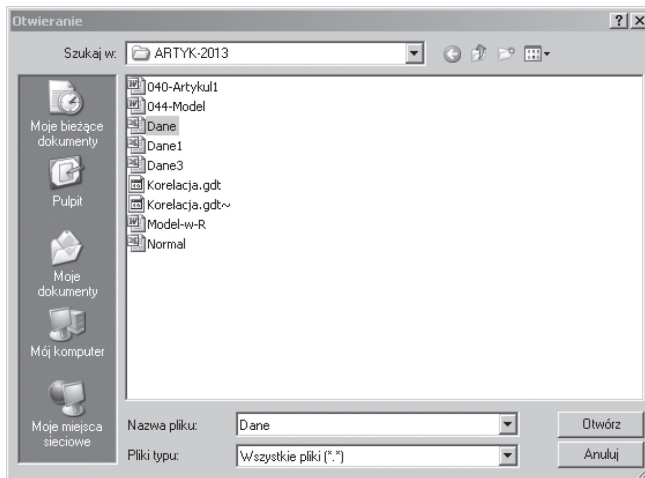
x_9 – przeciętne zatrudnienie w przemyśle,

x_{25} – koszty pracy na jednego zatrudnionego, przeciętne miesięczne,

x_{78} – liczba zawartych małżeństw na 1000 ludności.

Wymieniony model, o współczynniku determinacji $R^2 = 0,938085$ (dobra dopasowania modelu do danych empirycznych), powstał w wyniku wielokrotnego powtórzenia procedury *a posteriori* w programie GRETL spośród 78 zmiennych, przy czym zmienną objaśnianą jest X_3 .

Wymieniona procedura polega na realizacji zadania przez eliminowanie zmiennych o największym prawdopodobieństwie popełnienia błędu przez ich udział w modelu. Sygnalizowane jest to przez GRETL w postaci pustej informacji lub jako jedna gwiazdka, dwie gwiazdki. Występowanie trzech gwiazdek wskazuje na właściwe dobranie określonej zmiennej do modelu ekonometrycznego. Zmienne z lat 1992–2011 pobrane zostały z „Roczników Statystycznych” GUS. Z pozycji menu programu R Commander wywołujemy zbiór (*Dane.xls*), który zapisany jest na ścieżce: (*D:\ARTYK-2013*) (ryc. 1.7.3).



Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.7.3. Wywołanie pliku źródłowego (*Dane.xls*)

¹²⁷ Zob.: W. W o r n a l k i e w i c z, *Formułowanie modeli ekonometrycznych na potrzeby zarządzania...*, op.cit. rozdz. 2.15: *Budowa i weryfikacja modelu ekonometrycznego w programie R*.

Korzystamy z menu (*Dane/Importuj dane/z pliku Excel...*). Dalsze stosowanie pliku (*Dane.xls*) w R Commander wymaga jego uaktywnienia, stosując menu (*Dane/Aktywny zbiór danych/Wybierz aktywny zbiór danych/Dane.xls*) i OK. Po wczytaniu pliku (*Dane.xls*) następuje reakcja programu R w podoknach trybu windowsowego. Po akceptacji biblioteki i wywołania zbioru danych, co zaznaczone jest w (*Zbiór danych: Dane.xls*), program informuje nas w „Wiadomości” o wymiarach zbioru pośredniego kolejnej iteracji, jeszcze przed ostateczną selekcją *a posteriori*, obejmującego 20 wierszy i 15 kolumn zmiennych (ryc. 1.7.2). Dane liczbowe zmiennych (lata 1992–2011) przedstawiono na rycinie 1.7.4.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	X3	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X25	X38	X48	X49	X50	X51	X59	X78
2	2394	3467.6	823.0	1042.1	794.7	476.7	287.7	295.16	138.9	404.7	1921.9	18430	4626.8	41.1	5.7
3	2595	3391.8	721.9	999.4	746.5	381.1	239.3	384.25	134.8	550.3	1856.5	18206	4504.2	40.1	5.4
4	2375	3361.4	678.8	996.1	728.1	366.4	235.4	515.49	134.5	708.3	1750.0	18206	4472.6	45.8	5.4
5	2233	3461.1	689.2	1078.6	723.4	414.4	243.5	704.99	131.6	878.3	1648.3	18075	4775.1	59.2	5.4
6	1961	3436.0	684.2	1119.7	721.9	425.3	250.5	900.58	126.7	1113.0	1565.0	19224	4258.9	70.5	5.3
7	1737	3433.4	723.5	1244.8	730.7	487.4	273.3	1088.03	121.9	1300.0	1514.7	19771	4437.4	77.4	5.4
8	1827	3378.7	736.9	1321.1	725.2	552.5	253.0	1277.06	115.7	1527.5	1452.6	20288	4243.5	83.3	5.4
9	2641	3138.4	710.4	1318.4	686.3	583.0	286.9	1428.01	112.5	1700.5	1406.5	20800	4138.6	86.4	5.7
10	2760	2955.0	661.9	1325.0	654.9	614.2	286.7	2622.76	111.1	1904.6	1360.3	21037	3750.8	78.4	5.5
11	3186	2820.6	627.8	1295.6	530.4	637.3	252.1	2821.30	108.0	1897.6	1310.4	21376	3905.8	75.1	5.0
12	3431	2670.5	545.5	1291.1	601.9	671.3	260.0	2930.70	102.6	1886.1	1284.3	21659	3708.1	85.7	5.0
13	3329	2639.1	496.4	1308.0	586.3	699.5	261.8	3017.64	104.2	1918.7	1268.6	22052	3877.2	78.4	5.1
14	3230	2663.1	453.1	1295.4	583.0	700.6	264.6	3111.04	104.0	1966.7	1229.1	22804	3779.1	98.0	5.0
15	3045	2665.4	483.6	1360.7	577.7	695.8	265.2	3252.02	103.8	1954.2	1219.4	26565	3855.3	104.3	5.4
16	2344	2714.3	511.5	1394.2	596.7	723.3	267.6	3421.05	104.9	2106.3	1221.5	27547	3967.0	88.8	5.9
17	1619	2842.4	576.8	1482.8	621.0	780.3	277.0	3720.10	107.9	2290.8	1280.1	27713	3807.0	84.7	6.5
18	1211	2890.7	671.2	1633.5	792.0	743.1	406.7	3986.50	110.1	2558.5	1212.2	28425	3792.2	80.6	6.8
19	1411	2725.4	706.6	1611.5	777.5	740.1	407.4	4232.68	105.4	2706.5	1194.7	28684	3873.6	80.6	6.6
20	1699	2696.1	674.4	1598.7	758.2	767.0	412.0	4388.31	103.9	2805.5	1197.9	29774	4237.3	81.5	5.9
21	2146	2714.2	705.2	1580.3	787.5	775.1	412.2	4633.95	105.6	2872.2	1202.0	29383	3857.1	82.0	5.4

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

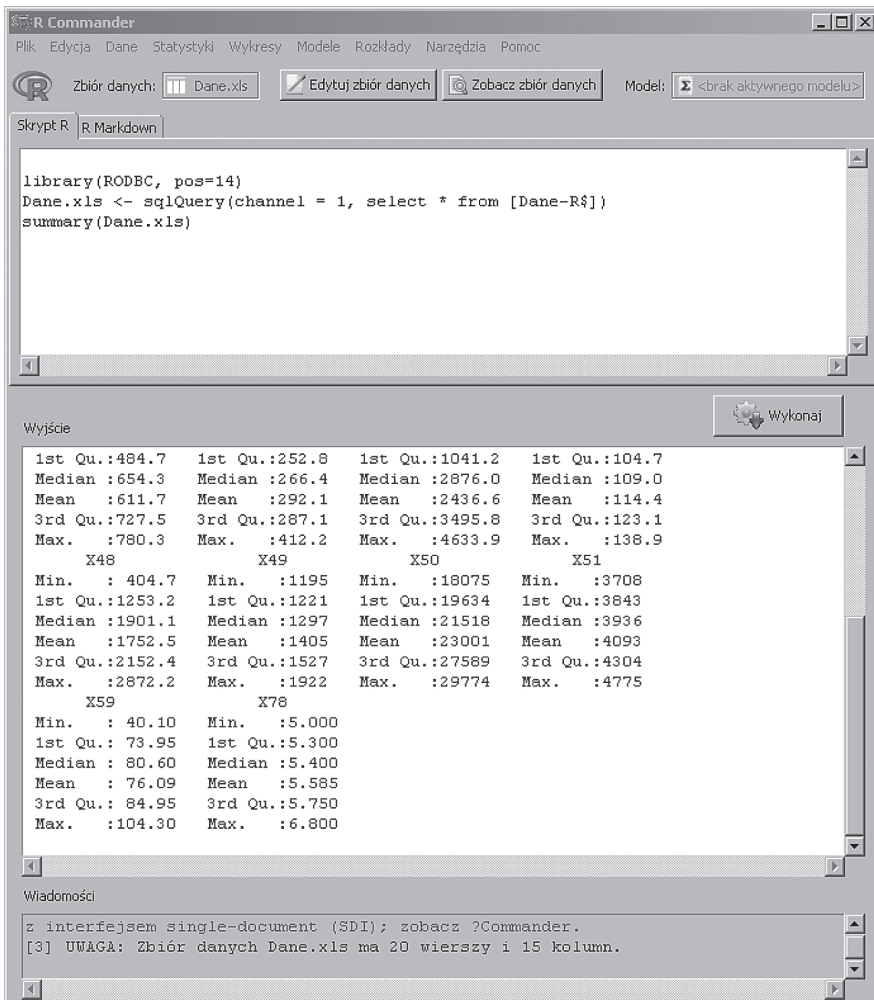
Ryc. 1.7.4. Dane źródłowe pliku (*Dane.xls*)

Mając aktywną tabelę danych w programie R Commander, korzystamy z menu (*Statystyki/Podsumowania/Aktywny zbiór danych*) w celu wykonania raportu statystyki opisowej, który generowany jest w oknie skryptowym komendą **summary(DATA)**. Statystyka ta ukazuje się w oknie „Wyjście” i obejmuje następujące cechy 15 zmiennych (X_3 – X_{78} , ryc. 1.7.5)¹²⁸:

- (*Min*) – minimum,
- (*1 st Qu.*) – kwartył 1.,
- (*Median*) – mediana,
- (*Mean*) – średnia arytmetyczna,
- (*3 rd Qu.*) – kwartył 3.,
- (*Max.*) – maksimum.

Fragment widoku statystyki opisowej pokazano na rycinie 1.7.5.

¹²⁸ Ta część opracowania nawiązuje do książki: W. W o r n a l k i e w i c z, *Formułowanie modeli ekonometrycznych na potrzeby zarządzania...*, op.cit., podrozdz. 2.15.3: *Przygotowanie do realizacji w programie R*.



Źródło: W. W. Ornałkiewicz, *Formułowanie modeli ekonometrycznych na potrzeby zarządzania*, Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o.o., Opole 2015, wykres 2.15.4.

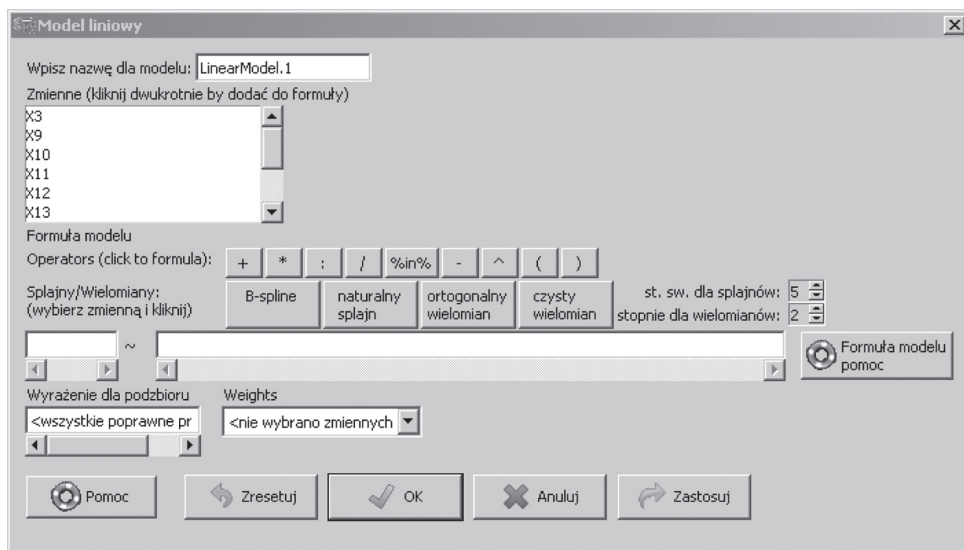
Ryc. 1.7.5. Odpowiedź programu R Commander na menu (*Statystyka/Podsumowania/Aktywny zbiór danych*)

Następnie korzystamy z menu (*Modele*) programu R Commander i inicjujemy sporządzenie modelu liniowego zależności zmiennej X_3 od wyselekcjonowanych przez GRETL zmiennych objaśniających X_9 , X_{25} , X_{78} . Pojawia się okno dialogowe, w którym podajemy opcje modelu w postaci ogólnej, w tym zmienne uczestniczące w formule regresji wielowymiarowej z uwzględnieniem operatorów „*” oraz „+”:

$$X_3 = a_0 + a_1 \cdot X_9 + a_2 \cdot X_{25} + a_3 \cdot X_{78}.$$

Zmienne w komputerze zapisane są jako X_3 , X_9 , X_{25} , X_{78} (ryc. 1.7.6). Potwierdzenie podanych opcji przyciskiem OK powoduje odpowiednie reakcje w podoknach windowsowych, a w tym wygenerowanie komend kodu źródłowego:

```
LinearModel.1<-lm(X3~X9+X25+X78, dane=Dane.xls)
Summary(LinearModel.1)
```



Źródło: Opracowanie własne w środowisku R Commandera.

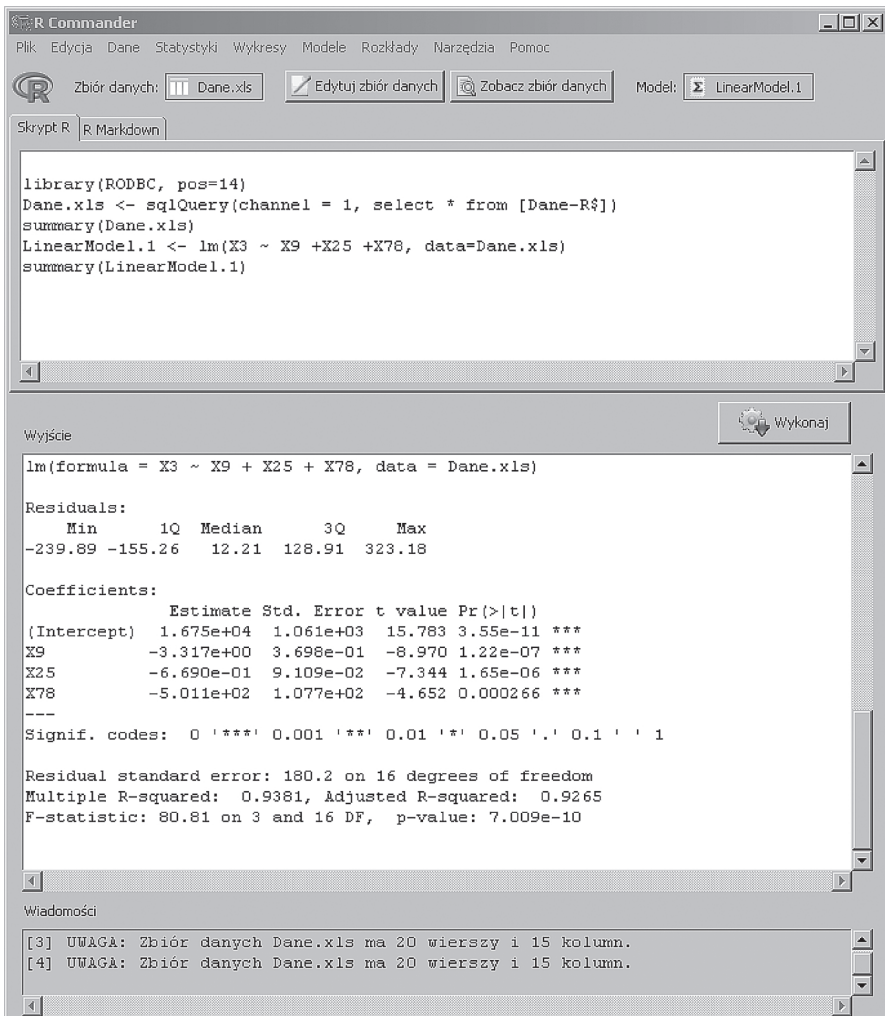
Ryc. 1.7.6. Okno dialogowe deklaracji modelu liniowego wielowymiarowego

Odpowiedzią komendy **lm()** oraz **summary()** jest oszacowanie współczynników modelu zmiennej X_3 w postaci notacji komputerowej w formie inżynierskiej, przy czym $e = 10$:

$$X_3 = 1.675e+04 - 3.317e+00 X_9 - 6.690e-01 X_{25} - 5.011e+02 X_{78},$$

co odpowiada zapisowi: $x_3 = 16750 - 3,317 x_9 - 0,669 x_{25} - 0,05011 x_{78}$.

Zwróćmy uwagę na dobre dopasowanie modelu do danych empirycznych zmiennej X_3 wynoszące $R^2 = 0,9381$. Ponadto dobór zmiennych jest najlepszy z możliwych – świadczą o tym trzy gwiazdki (***) przy wierszach estymacji zmiennych. W oknie windowsowym pojawił się model „LinearModel.1” (ryc. 1.7.7).



Źródło: Opracowanie własne w programie R.

Ryc. 1.7.7. Wyniki pracy komend `lm()` i `summary()`

Alternatywnym podejściem – jak już nadmieniono – jest wpisywanie komend do okna skryptowego „RGui”. Ze względu na pamiętanie przez R naszych operacji i utworzonych obiektów tworzymy kolejny model o nazwie „LinearModel.2”, wpisując podobnie jak wcześniej komendę:

`LinearModel2<-lm(X3~X9+X25+X78,data=Dane.xls).`

Program wykonuje obliczenia, a ich efekt zobaczymy po wywołaniu komendy `summary(LinearModel.2)`.

Komenda `lm()` określa statystykę opisową błędów między modelem a danymi rzeczywistymi zmiennej X_3 w wierszu „Residual”. Zauważmy

również reakcję programu R na wprowadzoną celowo błędną nazwę modelu „LinearModel.3” oraz wywołanie komendy jako:

```
lm(formula = X3 ~ X9 + X25 + X78, data = Dane.xls).
```

Efekt estymacji poszczególnych parametrów modelu zmiennej X_3 jest identyczny jak wcześniej wykonany w trybie okienkowym pod R Commander (zob. ryc. 1.7.8).

```

RGui (32-bit)
File Edit View Misc Packages Windows Help
R Console
> LinearModel.2<-lm(X3~X9+X25+X78,data=Dane.xls)
> summary(LinearModel.3)
Error in summary(LinearModel.3) : object 'LinearModel.3' not found
> summary(LinearModel.2)

Call:
lm(formula = X3 ~ X9 + X25 + X78, data = Dane.xls)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-239.89 -155.26  12.21  128.91  323.18

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  1.675e+04  1.061e+03  15.783 3.55e-11 ***
X9           -3.317e+00  3.698e-01  -8.970 1.22e-07 ***
X25          -6.690e-01  9.109e-02  -7.344 1.65e-06 ***
X78          -5.011e+02  1.077e+02  -4.652 0.000266 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 180.2 on 16 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9381,    Adjusted R-squared:  0.9265
F-statistic: 80.81 on 3 and 16 DF,  p-value: 7.009e-10

```

Źródło: Opracowanie własne w programie R.

Ryc. 1.7.8. Wyniki pracy komend **lm()** i **summary()** w trybie skryptowym (okno „RGui”)

1.7.1.3. Zastosowanie funkcji macierzowych programu R

W prezentacji operacji algebry macierzowej wykorzystamy szeregi obserwacji wynikające z ostatniego właściwie dobranego modelu zależności zmiennej objaśnianej X_3 od zmiennych objaśniających X_9 , X_{25} oraz X_{78} . Inspiracją do naszych działań będzie równanie macierzowe, które już na początku zostało przytoczone: $\mathbf{a} = (\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{y}$. Dla wygody korzystania z szeregów danych – zapisano je w kolejnym arkuszu pliku (*Dane.xls*) (ryc. 1.7.9).

Na początek skorzystamy z trybu skryptowego programu R i w oknie „RGui” zapisywać będziemy komendy operacji macierzowych wynika-

jące z podanego wcześniej równania macierzowego. Tym razem testujemy wprowadzenie macierzy jako zbioru 20 wektorów odpowiadających zmiennym: X_9 , X_{25} , X_{78} .

	A	B	C	D
1	X3	X9	X25	X78
2	2394	3467,6	295,16	5,7
3	2595	3391,8	384,25	5,4
4	2375	3361,4	515,49	5,4
5	2233	3461,1	704,99	5,4
6	1961	3436,0	900,58	5,3
7	1737	3433,4	1088,03	5,3
8	1827	3378,7	1277,06	5,4
9	2641	3138,4	1428,01	5,7
10	2760	2955,0	2622,76	5,5
11	3186	2820,6	2821,30	5,0
12	3431	2670,5	2930,70	5,0
13	3329	2639,1	3017,64	5,1
14	3230	2663,1	3111,04	5,0
15	3045	2665,4	3252,02	5,4
16	2344	2714,3	3421,05	5,9
17	1619	2842,4	3720,10	6,5
18	1211	2890,7	3986,50	6,8
19	1411	2725,4	4232,68	6,6
20	1699	2696,1	4388,31	5,9
21	2146	2714,2	4633,95	5,4

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.9. Szeregi obserwacji zmiennych modelu wynikowego zmiennej X_3

Sekwencję kodu źródłowego (skryptu R) dla macierzy nazwanej **MAT1** podano na następnej stronie.

Celem wstępnego testowania oraz wykorzystania modelu do ewentualnej optymalizacji jako funkcji celu w zadaniu decyzyjnym wprowadzone wektory nie obejmują stałej a_0 , tożsamościowo równej 1, przy zmiennej nazywanej X_0 . Poszczególne wektory „c” macierzy **MAT1** zapisujemy wierszami od 1 do 20, zastępując przecinki kropką dziesiętną, oddzielając dane przecinkiem. Kolejne komendy akceptujemy klawiszem *Enter*. Aby wyświetlić wprowadzone dane, wystarczy w linii komend wpisać tylko nazwę macierzy **MAT1**¹²⁹.

¹²⁹ Wprowadzenie danych oraz formułowanie funkcji operacji macierzowych opracowano analogicznie do danych modelowych zamieszczonych w książce: K. K o p c z e w s k a, T. K o p c z e w s k i, P. W ó j c i k, *Metody ilościowe w R: Aplikacje ekonomiczne i finansowe...*, op.cit., s. 584–588.

```

> # definiowanie macierzy MAT1 i jej elementów
> MAT1[1,]<-c(3467.6,295.16,5.7)
> MAT1[2,]<-c(3391.8,384.25,5.4)
> MAT1[3,]<-c(3361.4,515.49,5.4)
> MAT1[4,]<-c(3461.1,704.99,5.4)
> MAT1[5,]<-c(3436.0,900.58,5.3)
> MAT1[6,]<-c(3433.4,1088.03,5.3)
> MAT1[7,]<-c(3378.7,1277.06,5.4)
> MAT1[8,]<-c(3138.4,1428.01,5.7)
> MAT1[9,]<-c(2955.0,2622.76,5.5)
> MAT1[10,]<-c(2820.6,2821.30,5.0)
> MAT1[11,]<-c(2670.5,2930.70,5.0)
> MAT1[12,]<-c(2639.1,3017.64,5.1)
> MAT1[13,]<-c(2663.1,3111.04,5.0)
> MAT1[14,]<-c(2665.4,3252.02,5.4)
> MAT1[15,]<-c(2714.3,3421.05,5.9)
> MAT1[16,]<-c(2842.4,3720.10,6.5)
> MAT1[17,]<-c(2890.7,3986.50,6.8)
> MAT1[18,]<-c(2725.4,4232.68,6.6)
> MAT1[19,]<-c(2696.1,4388.31,5.9)
> MAT1[20,]<-c(2714.2,4633.95,5.4)

```

Zauważmy sposób notacji w nawiasach kwadratowych kolejnych wierszy oraz kolumn przez wstawianie przecinka, gdy dalsze kolumny/wiersze są takie jak w danym wierszu/kolumnie np. [1,], [1,]. Pierwszym krokiem jest transpozycja (czyli zamiana wierszy na kolumny) macierzy **MAT1**, stosując komendę **t()**. Efekt przeprowadzenia transpozycji uzyskujemy, wpisując w linii komend **MAT1** pełniące rolę komendy.

```

> # definiuje MAT1 jako przetransponowaną macierz MAT1
> MAT2<-t(MAT1)
> MAT2
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      [,5]      [,6]      [,7]      [,8]      [,9]
[1,] 3467.60 3391.80 3361.40 3461.10 3436.00 3433.40 3378.70 3138.40 2955.00
[2,]  295.16  384.25  515.49  704.99  900.58 1088.03 1277.06 1428.01 2622.76
[3,]   5.70   5.40   5.40   5.40   5.30   5.30   5.40   5.70   5.50
      [,10]  [,11]  [,12]  [,13]  [,14]  [,15]  [,16]  [,17]  [,18]
[1,] 2820.6 2670.5 2639.10 2663.10 2665.40 2714.30 2842.4 2890.7 2725.40
[2,] 2821.3 2930.7 3017.64 3111.04 3252.02 3421.05 3720.1 3986.5 4232.68
[3,]   5.0   5.0   5.10   5.00   5.40   5.90   6.5   6.8   6.60
      [,19]  [,20]
[1,] 2696.10 2714.20
[2,] 4388.31 4633.95
[3,]   5.90   5.40

```

Macierze **MAT1** i **MAT2** odpowiadają w równaniu macierzowym macierzom **X** oraz **X^T**. Musimy teraz dokonać przemnożenia macierzy **MAT2** i **MAT1**, uzyskując macierz **MAT3**, czyli **[X^TX]**. W wyniku mnożenia macierzy o wymiarach **[X^T X] = (3 x 20) (20 x 3)** następuje redukcja do **(3 x 3)** w macierzy **MAT3**:

```

> # macierz MAT3 jest efektem mnożenia macierzy MAT2 i MAT1
> MAT3<-MAT2%*%MAT1
> MAT3
      [,1]      [,2]      [,3]
[1,] 182513417.9 137905436.2 335038.33
[2,] 137905436.2 159531664.7 277937.71
[3,] 335038.3    277937.7    629.05

```

Jak widać, mnożenie macierzy dokonujemy, podając we właściwej kolejności nazwy macierzy **MAT2**, **MAT1** oraz operator mnożenia „*” między znakami „%”.

Przystępujemy teraz do mnożenia macierzy transponowanej **MAT2** i wektora zmiennej objaśnianej X_3 , uzyskując macierz **MAT4**. Wymaga to jednak wcześniejszego wprowadzenia danych zmiennej X_3 dla obserwacji (1–20). Zauważmy reakcje programu R na niepodanie na początku linii tekstu symbolu „#”. W wyniku redukcji wymiarów: $(3 \times 20) * (20 \times 1)$ powstaje wektor kolumnowy – macierz **MAT4** o wymiarach (3×1) . Obraz wyniku uzyskujemy przez wpisanie w linii komend **MAT4**.

```

> y<-c(2394,2595,2375,2233,1961,1737,1827,2641,2760,3186,3431,3329,3230,3045,2344,1619,1211,1411,1699,2146)
> macierz MAT4 jako wynik z przemnożenia macierzy MAT2 i wektora y
Error: unexpected symbol in "macierz MAT4"
> # macierz MAT4 jako wynik z przemnożenia macierzy MAT2 i wektora y
> MAT4<-MAT2%*%y
> MAT4
      [,1]
[1,] 140502253.8
[2,] 112784218.0
[3,] 258409.8

```

Mamy już składniki z przemnożeń macierzy, co odpowiada w równaniu macierzowym $[X^T X]$ oraz $[X^T y]$, przechodzimy więc do wyznaczenia komendą **solve()** programu R macierzy odwrotnej **MAT.odw** odpowiadającej $[X^T X]^{-1}$.

```

> # wyszukiwanie macierzy odwrotnej do macierzy MAT3
> MAT.odw<-solve(MAT3)
> MAT.odw
      [,1]      [,2]      [,3]
[1,] 7.834649e-07 2.160214e-07 -0.0005127275
[2,] 2.160214e-07 8.678951e-08 -0.0001534020
[3,] -5.127275e-04 -1.534020e-04 0.3424522271

```

Wektor parametrów, zwanych także współczynnikami modelu regresji wielowymiarowej zmiennej X_3 , uzyskujemy przez kolejne przemnożenie, ale tym razem macierzy **MAT.odw**, tj. $[X^T X]^{-1}$ i **MAT4**, czyli $[X^T y]$:

```

> # przemnożenie macierzy odwrotnej MAT.odw przez MAT4
> a<-MAT.odw%*%MAT4
> a
      [,1]
[1,] 1.9485652
[2,] 0.4994009
[3,] -847.6854880

```

Zatem model zmiennej X_3 – bez stałej a_0 jest następujący:

$$\hat{x}_3 = 1,95 \cdot x_9 + 0,5 \cdot x_{25} - 847,69 \cdot x_{78}$$

Długa jest procedura korzystania z równania macierzowego, zanim dojdziemy do modelu regresji wielowymiarowej, przydatnej w przypadku macierzy o dużych wymiarach. Dla małych wymiarów macierzy ($m \times n$) możemy z powodzeniem zastosować funkcję REGLINP Excela.

a_3	a_2	a_1		
-847,6855	0,4994	1,94857	parametry	
416,40456	0,20963	0,62983	błąd standardowy	
0,9280663	711,566	#N/D!	R^2 ; S_e	
73,109623	17	#N/D!	F; iss	
111052097	8607557	#N/D!	ESS; RSS	

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.10. Oszacowanie parametrów modelu bez stałej funkcją REGLINP Excela

Uzyskaliśmy zatem zgodność wyników z modelem wygenerowanym przez komendę **lm()** programu R. Poszczególne określenia wymienione na rycinie 1.7.10 oznaczają:

parametry (współczynniki) – a_1 , a_2 , a_3 – modelu odpowiadające kolejnym zmiennym objaśniającym, w naszym przykładzie X_9 , X_{25} , X_{78} ,

błąd standardowy – dotyczy błędów standardowych oszacowania odpowiadających im parametrów,

R^2 – współczynnik determinacji,

S_e – odchylenie standardowe reszt modelu,

F – statystyka Fishera,

iss – ilość stopni swobody,

ESS – estymowana suma kwadratów,

RSS – resztowa suma kwadratów,

#N/D! – pole niewystępujące.

1.7.1.4. Wprowadzenie parametru stałego do równania liniowego modelu ekonometrycznego

Przetestujmy teraz funkcję REGLINP oraz komendę **lm()** programu R w zakresie estymacji parametrów modelu ekonometrycznego z parametrem a_0 . Formuła funkcji REGLINP jest następująca:

=REGLINP (zakres zmiennej objaśnianej; zakres macierzy zmiennych objaśniających; potwierdzenie stałej słowem „PRAWDA”; potwierdzenie potrzeby statystyki opisowej też słowem „PRAWDA”).

Dla danych zapisanych w arkuszu kalkulacyjnym Excela (ryc. 1.7.9) przytoczona formuła przybiera postać:

$$=REGLINP(A2:A21;B2;D21;PRAWDA;PRAWDA).$$

Potwierdzamy tę funkcję, naciskając jednocześnie trzy klawisze: <Ctrl>+<Shift>+<Enter>. Efekt naszego działania prezentuje rycina 1.7.11, a uzyskany model przy zaokrągleniu wyników do dwóch miejsc po przecinku zmiennej X_3 jest następujący:

$$x_3 = a_0 + a_1 X_9 + a_2 X_{25} + a_3 X_{28},$$

$$x_3 = 16749 - 3,32 \cdot x_9 - 0,67 \cdot x_{25} - 501,06,69 \cdot x_{78}.$$

a ₃	a ₂	a ₁	a ₀		
-501,0594	-0,669	-3,317	16749	parametry	
107,70829	0,09109	0,36978	1061,19	błąd standardowy	
0,9380849	180,189	#N/D!	#N/D!	R ² ; S _e	
80,806115	16	#N/D!	#N/D!	F; iss	
7870851,4	519489	#N/D!	#N/D!	ESS; RSS	

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.11. Oszacowanie parametrów modelu ze stałą funkcją REGLINP Excela

Wykonajmy teraz estymację parametrów modelu ze stałą komendami programu R. Wymaga to kopiowania komend z poprzedniej wersji skryptu zachowanej w naszym katalogu, np. na ścieżce (*D:\Artykul-R-macierz1*). Wprowadzimy do 20 wektorów macierzy **MAT1A** definiowanej komendą **matrix()** liczbę 1 wyrażającą parametr przy zmiennej X_0 tożsamościowo równej też 1. W ten sposób macierz składająca się z 20 wektorów „sklejona” komendą **matrix()** będzie o wymiarach (20 x 4), co przedstawia sekwencja kodu źródłowego podana w języku R:

```

> # skorygowane definiowanie macierzy MAT1A i jej elementów
> MAT1A<-matrix(0,20,4)
> MAT1A[1,]<-c(1,3467.6,295.16,5.7)
> MAT1A[2,]<-c(1,3391.8,384.25,5.4)
> MAT1A[3,]<-c(1,3361.4,515.49,5.4)
> MAT1A[4,]<-c(1,3461.1,704.99,5.4)
> MAT1A[5,]<-c(1,3436.0,900.58,5.3)
> MAT1A[6,]<-c(1,3433.4,1088.03,5.3)
> MAT1A[7,]<-c(1,3378.7,1277.06,5.4)
> MAT1A[8,]<-c(1,3138.4,1428.01,5.7)
> MAT1A[9,]<-c(1,2955.0,2622.76,5.5)
> MAT1A[10,]<-c(1,2820.6,2821.30,5.0)
> MAT1A[11,]<-c(1,2670.5,2930.70,5.0)
> MAT1A[12,]<-c(1,2639.1,3017.64,5.1)
> MAT1A[13,]<-c(1,2663.1,3111.04,5.0)
> MAT1A[14,]<-c(1,2665.4,3252.02,5.4)
> MAT1A[15,]<-c(1,2714.3,3421.05,5.9)
> MAT1A[16,]<-c(1,2842.4,3720.10,6.5)
> MAT1A[17,]<-c(1,2890.7,3986.50,6.8)
> MAT1A[18,]<-c(1,2725.4,4232.68,6.6)
> MAT1A[19,]<-c(1,2696.1,4388.31,5.9)
> MAT1A[20,]<-c(1,2714.2,4633.95,5.4)

```

Sprawdzenie poprawności uzyskamy, czytając wprowadzone dane przez wpisanie w linii komend nazwy macierzy **MAT1A**.

```

> MAT1A # wyświetlenie wyniku skorygowanej macierzy
      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]  1 3467.6 295.16 5.7
[2,]  1 3391.8 384.25 5.4
[3,]  1 3361.4 515.49 5.4
[4,]  1 3461.1 704.99 5.4
[5,]  1 3436.0 900.58 5.3
[6,]  1 3433.4 1088.03 5.3
[7,]  1 3378.7 1277.06 5.4
[8,]  1 3138.4 1428.01 5.7
[9,]  1 2955.0 2622.76 5.5
[10,] 1 2820.6 2821.30 5.0
[11,] 1 2670.5 2930.70 5.0
[12,] 1 2639.1 3017.64 5.1
[13,] 1 2663.1 3111.04 5.0
[14,] 1 2665.4 3252.02 5.4
[15,] 1 2714.3 3421.05 5.9
[16,] 1 2842.4 3720.10 6.5
[17,] 1 2890.7 3986.50 6.8
[18,] 1 2725.4 4232.68 6.6
[19,] 1 2696.1 4388.31 5.9
[20,] 1 2714.2 4633.95 5.4

```

Mając zmodyfikowaną macierz **MAT1A**, powtarzamy już sprawdzoną procedurę wynikającą z równania macierzowego. W pierwszej kolejności dokonujemy przetransformowania macierzy **MAT1A** w macierz **MAT2A**:

```

> # definiuje MAT2A jako przetransponowaną macierz MAT1A
> MAT2A<-t(MAT1A)
> MAT2A
      [,1] [,2] [,3] [,4] [,5] [,6] [,7] [,8] [,9]
[1,]  1.00  1.00  1.00  1.00  1.00  1.00  1.00  1.00  1.00
[2,] 3467.60 3391.80 3361.40 3461.10 3436.00 3433.40 3378.70 3138.40 2955.00
[3,]  295.16  384.25  515.49  704.99  900.58 1088.03 1277.06 1428.01 2622.76
[4,]   5.70   5.40   5.40   5.40   5.30   5.30   5.40   5.70   5.50
      [,10] [,11] [,12] [,13] [,14] [,15] [,16] [,17] [,18]
[1,]   1.0   1.0   1.00  1.00  1.00  1.00  1.0  1.0  1.00
[2,] 2820.6 2670.5 2639.10 2663.10 2665.40 2714.30 2842.4 2890.7 2725.40
[3,] 2821.3 2930.7 3017.64 3111.04 3252.02 3421.05 3720.1 3986.5 4232.68
[4,]   5.0   5.0   5.10   5.00   5.40   5.90   6.5   6.8   6.60
      [,19] [,20]
[1,]   1.00  1.00
[2,] 2696.10 2714.20
[3,] 4388.31 4633.95
[4,]   5.90  5.40

```

Następna macierz **MAT3A** o wymiarach (4 x 4) jest rezultatem mnożenia macierzy **MAT2A** i **MAT1A**. Kopiujemy do linii komend wektor zmiennej objaśnianej **y**, nazywając go teraz **y1**, a następnie mnożymy macierz transponowaną **MAT2A** i wektor **y1**, uzyskując macierz **MAT4A** o wymiarach (4 x 1):

```

> y<-c(2394,2595,2375,2233,1961,1737,1827,2641,2760,3186,3431,3329,3230,3045,2344,1619,1211,1411,1699,2146)
> macierz MAT4 jako wynik z przemnożenia macierzy MAT2 i wektora y
Error: unexpected symbol in "macierz MAT4"
> # macierz MAT4 jako wynik z przemnożenia macierzy MAT2 i wektora y
> MAT4<-MAT2%*%y
> MAT4
      [,1]
[1,] 140502253.8
[2,] 112784218.0
[3,]  258409.8

```

Określamy teraz macierz odwrotną **MAT.odwA** do macierzy **MAT3A** o wymiarach (4 x 4), korzystając z komendy **solve()**. Sprawdźmy jeszcze poprawność liczbową uzyskanej macierzy odwrotnej poprzez zastosowanie komendy **round()**, mnożącej macierz **MAT3A** i macierz odwrotną **MAT.odwA**.

```

> round(MAT3A%*%MAT.odwA, 10)
      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,] 1e+00  0  0  0
[2,] -1e-10  1  0  0
[3,] 0e+00  0  1  0
[4,] 0e+00  0  0  1
> round(MAT3A%*%MAT.odwA)
      [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,] 1  0  0  0
[2,] 0  1  0  0
[3,] 0  0  1  0
[4,] 0  0  0  1

```

Podanie jako opcji „10” w komendzie **round()** powoduje zapisanie pierwszej kolumny w postaci inżynierskiej, którą to postać już wcześniej wyjaśniono. W efekcie mnożenia uzyskaliśmy macierz jednostkową, co jest potwierdzeniem poprawności macierzy odwrotnej, która na głównej

przekątnej, zwanej diagonalną, ma same jedynki. Dla otrzymania wektora parametrów **a1**, zgodnie z równaniem macierzowym, musimy przemnożyć macierze **MAT.odwA** i **MAT4A**.

```
> # przemnożenie macierzy odwrotnej MAT.odwA przez MAT4A
> a1<-MAT.odwA**MAT4A
> a1
      [,1]
[1,] 16748.9894707
[2,]   -3.3170046
[3,]   -0.6689888
[4,]  -501.0594262
```

Zauważamy, że parametry modelu ekonometrycznego zmiennej X_3 są identyczne jak dla modelu uzyskanego funkcją REGLINP Excela. Sprawdźmy teraz, czy szybciej można uzyskać wektor **a1**, stosując algebrę macierzową zawartą w Excelu.

1.7.2. Zastosowanie funkcji macierzowych Excela

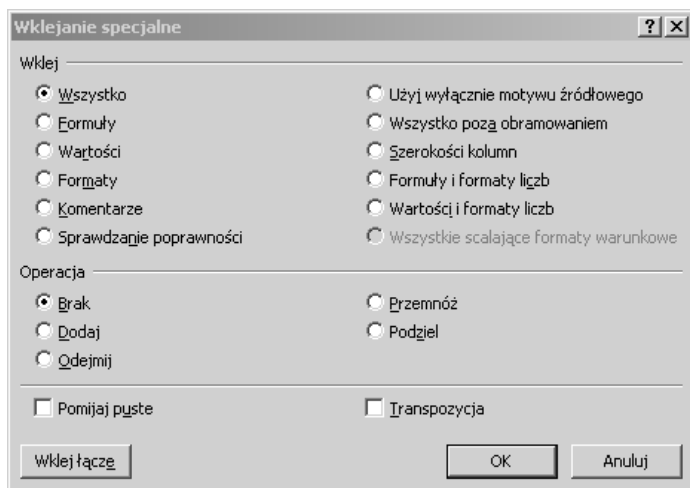
Dla zademonstrowania możliwości funkcji macierzowych Excela, takich jak **MACIERZ.ILOCZYN()** oraz **MACIERZ.ODW()**, przygotowano dane na kolejnym arkuszu skoroszytu (*Dane.xls*) z uwzględnieniem także zmiennej X_0 (ryc. 1.7.12).

	A	B	C	D	E	F
1	X3		X0	X9	X25	X78
2	2394		1	3467,6	295,16	5,7
3	2595		1	3391,8	384,25	5,4
4	2375		1	3361,4	515,49	5,4
5	2233		1	3461,1	704,99	5,4
6	1961		1	3436,0	900,58	5,3
7	1737		1	3433,4	1088,03	5,3
8	1827		1	3378,7	1277,06	5,4
9	2641		1	3138,4	1428,01	5,7
10	2760		1	2955,0	2622,76	5,5
11	3186		1	2820,6	2821,30	5,0
12	3431		1	2670,5	2930,70	5,0
13	3329		1	2639,1	3017,64	5,1
14	3230		1	2663,1	3111,04	5,0
15	3045		1	2665,4	3252,02	5,4
16	2344		1	2714,3	3421,05	5,9
17	1619		1	2842,4	3720,10	6,5
18	1211		1	2890,7	3986,50	6,8
19	1411		1	2725,4	4232,68	6,6
20	1699		1	2696,1	4388,31	5,9
21	2146		1	2714,2	4633,95	5,4

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.12. Przygotowanie danych do oszacowania parametrów modelu funkcjami macierzowymi Excela

Rozpoczynamy od transpozycji macierzy zmiennych objaśniających X_0 , X_9 , X_{25} , X_{78} , stosując kopiowanie, a następnie opcję (*Transpozycja*) w oknie dialogowym „Wklej specjalnie” (ryc. 1.7.13).



Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.13. Okno dialogowe „Wklej specjalnie” z opcją (*Transpozycja*)

Rezultat transpozycji pokazano na fragmencie widoku ekranu Excela (ryc. 1.7.14).

23	X0	1	1	1	1	1	1
24	X9	3467,6	3391,8	3361,4	3461,1	3436,0	3433,4
25	X25	295,16	384,25	515,49	704,99	900,58	1088,03
26	X78	5,7	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Rycina 1.7.14. Fragment macierzy X^T

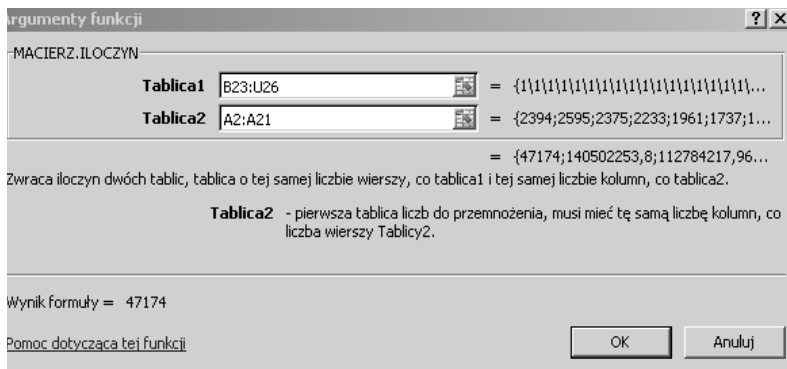
Kolejne operacje macierzowe na obszarach wektora (A2:A21) oraz macierzy podstawowej $[X]$ (obszar C2:F21), macierzy transponowanej $[X^T]$ (B23:U23), macierzy odwrotnej $[X^T X]^{-1}$ (obszar H2:K5) wynikających z rysunków 1.7.9 oraz 1.7.14 realizowane są formułami Excela:

=MACIERZ.ILOCZYN(B23:U26;C2:F21)

=MACIERZ.ODW(H2:K5)

=MACIERZ.ILOCZYN(B23:U26;A2:A21).

Przyjrzyjmy się jeszcze oknu dialogowemu definiowania funkcji **MACIERZ.ILOCZYN()**, gdzie np. w podoknie „Tablica 1” (obszar B23:U26) podajemy pierwszą mnożoną macierz, a w podoknie „Tablica 2” – obszar wektora A2:A21 (ryc. 1.7.15).



Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.15. Okno dialogowe mnożenia macierzy

Rezultat wykonania czterech operacji macierzowych w Excelu pokazano na rycinie 1.7.16, stanowiącej fragment arkusza pliku (*Dane.xls*), który obejmuje:

- macierz $[X^T X]$ o wymiarach $(m \times n) = (4 \times 4)$,
- macierz odwrotną $[X^T X]^{-1}$, również o wymiarach (4×4) ,
- wektor kolumnowy wynikający z mnożenia $(X^T y)$ o wymiarach (4×1) ,
- wektor wierszowy parametrów modelu liniowego wielowymiarowego stanowiącego efekt mnożenia macierzy $\{[X^T X]^{-1} (X^T y)\}$ o wymiarach (4×1) .

Trzeba zwrócić uwagę na sposób zapisu parametrów (od prawej do lewej strony), tj. od a_0 do a_3 . Wyniki podane w zaokrągleniu do dwóch miejsc po przecinku są zgodne z operacją macierzową wykonaną wcześniej w programie R.

H	I	J	K	L
				$X^T X$
20	60065,2	48731,6	111,7	
60065,20	182513417,92	137905436,17	335038,33	
48731,62	137905436,2	159531664,7	277937,7	
111,7	335038,33	277937,712	629,05	
				$(X^T X)^{-1}$
34,68426028	-0,010904084	-0,002419533	0,717802621	
-0,010904084	4,21151E-06	9,76677E-07	-0,000738391	
-0,002419533	9,76677E-07	2,55573E-07	-0,000203475	
0,717802621	-0,000738391	-0,000203475	0,357307398	
47174	$X^T y$			
140502253,8				
112784218				
258409,8				
a_3	a_2	a_1	a_0	
-501,06	-0,67	-3,32	16748,99	$a1$

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.16. Fragment arkusza Excela z realizacją operacji równania macierzowego

Ostatnia operacja równania macierzowego $\{a = [X^T X]^{-1}(X^T y)\}$ wykonana została formułą:

$$=MACIERZ.ILOCZYN(H7:K10;H12:H15).$$

Format zapisu jest jednak inny – pionowo od a_0 do a_3 .

$$\begin{array}{r} \hline 16748,99 \\ \hline -3,32 \\ \hline -0,67 \\ \hline -501,06 \end{array} \begin{array}{l} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{array}$$

Sprawdźmy jeszcze wyniki, stosując funkcję REGLINP, ze stałą, lecz bez statystyki opisowej (ryc. 1.7.11).

1.7.3. Inne operacje w programie R na macierzach

Macierz odwrotną możemy wyznaczyć również jako iloczyn odwrotności wyznacznika macierzy i transponowanej macierzy dopełnień algebraicznych. Komendą obliczania wyznacznika jest **det()**, dzielenie wykonujemy, stosując operator „/”.

```
> det(MAT3A)
[1] 8.502284e+14
> 1/8.502284e+14
[1] 1.176155e-15
```

Program R podał nam wynik w formacie inżynierskim, np. 8.502284e+14, gdzie, jak już nadmieniono, $e = 10$. Spróbujmy teraz zrealizować wspomniany sposób określenia parametrów w Excelu (ryc. 1.7.17).

	A	B	C	D	E
1	20	60065,2	48731,62	111,7	$[X^T X]$
2	60065,2	182513418	137905436	335038,33	
3	48731,62	137905436	159531665	277937,712	
4	111,7	335038,33	277937,712	629,05	
5	8,5023E+14	det $[X^T X]$	1,1762E-15	1/det $[X^T X]$	
6	2,949E+16	9,271E+12	-2,057E+12	-6,103E+14	$[D']$
7	9,271E+12	3580741641	-830398906	-6,278E+11	
8	-2,057E+12	-830398906	217295662	1,73E+11	
9	-6,103E+14	-6,278E+11	1,73E+11	3,0379E+14	
10	1	2	3	4	$(-1)^{i+j}$
11	1	-1	1	-1	1
12	-1	1	-1	1	2
13	1	-1	1	-1	3
14	-1	1	-1	1	4
15					
16	2,949E+16	-9,271E+12	-2,057E+12	6,103E+14	$[D]$
17	-9,271E+12	3580741641	830398906	-6,278E+11	
18	-2,057E+12	830398906	217295662	-1,73E+11	
19	6,103E+14	-6,278E+11	-1,73E+11	3,0379E+14	

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.17. Fragment arkusza Excela z realizacją operacji macierzy odwrotnej $[X^T X]^{-1}$

Wyznacznik macierzy X zamieszczony w komórce A5 obliczamy, korzystając z formuły:

$$=WYZNACZNIK.MACIERZY(A1:D4).$$

Następnie określimy odwrotność wyznacznika macierzy formułą (=1/A5). Pozostaje nam teraz wyznaczenie elementów macierzy dopełnień algebraicznych obliczanych np. jako iloczyn:

$$(-1)^{i+j} \cdot \text{wyznacznik macierzy}$$

wyłonionej z macierzy wyjściowej, po odjęciu od niej kolumny j oraz wiersza i występowania danego elementu w macierzy dopełnień algebraicznych, np. dla A1:

$$=WYZNACZNIK.MACIERZY(B2:D4) \\ =A6*A11.$$

Na rycinie 1.7.17 wstępna macierz D' powstała z wyznaczników, bez uwzględnienia współczynnika znaku $(-1)^{i+j}$. Dalsza realizacja operacji macierzowych w Excelu wymaga zapisania macierzy dopełnień algebraicznych D tylko jako wartości komórek, bez formuł wewnętrznych (ryc. 1.7.18).

21	2,949E+16	-9,271E+12	-2,057E+12	6,103E+14	[D _{wart.}]
22	-9,271E+12	3580741641	830398906	-6,278E+11	
23	-2,057E+12	830398906	217295662	-1,73E+11	
24	6,103E+14	-6,278E+11	-1,73E+11	3,0379E+14	
25					
26	2,949E+16	-9,271E+12	-2,057E+12	6,103E+14	[D ^T]
27	-9,271E+12	3580741641	830398906	-6,278E+11	
28	-2,057E+12	830398906	217295662	-1,73E+11	
29	6,103E+14	-6,278E+11	-1,73E+11	3,0379E+14	
30					
31	34,6842603	-0,0109041	-0,0024195	0,7178026	[X ^T X] ⁻¹
32	-0,0109041	0,0000042	0,0000010	-0,0007384	
33	-0,0024195	0,0000010	0,0000003	-0,0002035	
34	0,7178026	-0,0007384	-0,0002035	0,3573074	

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.7.18. Fragment arkusza Excela z realizacją operacji macierzy dopełnień algebraicznych

Jak już wspomniano, macierz odwrotna jest iloczynem odwrotności wyznacznika macierzy (komórka \$C\$5 na rycinie 1.7.17) i macierzy dopeł-

nień algebraicznych. Musimy zatem dokonać transpozycji macierzy $[D_{wart}]$, uzyskując macierz $[D^T]$. Przemnożenie komórki $\$C\5 i poszczególnych komórek macierzy $[D^T]$ np.

$$=\$C\$5*A26.$$

daje nam w efekcie macierz odwrotną postaci $[X^T X]^{-1}$.

Spośród jeszcze innych komend języka R odnoszących się do operacji macierzowych trzeba wymienić komendy pomocnicze: **dim()** – określającą wymiary macierzy, oraz komendę **diag()** pokazującą wartości na przekątnej diagonalnej.

```
> dim(MAT3A)
[1] 4 4
> diag(MAT3A)
[1] 20.00 182513417.92 159531664.68 629.05
```

Łączenie wybranych obiektów (macierzy/wektorów) ma zastosowanie do określenia wyznaczników w macierzy dopełnień algebraicznych, gdzie trzeba wykreślić „domyślnie” określoną kolumnę lub wiersz rozpatrywanej macierzy. Podano teraz parę przykładów kompletowania nowych obiektów poprzez wyłączenie kolumn/wierszy czy też dołączenie nowego wektora. W tym względzie do „spinania” w całość bez określonej kolumny stosujemy komendę **cbind()** (zob. skrypt w języku R). Jak już wspomniano, kolumny oznaczamy jako (, przedział dalszych kolumn). Jeśli w kolejności wyłączymy wiersz komendą **rbind()**, uzyskamy macierz do obliczenia wyznacznika elementu macierzy dopełnień algebraicznych. Sekwencję kodu źródłowego wymienionych operacji prezentuje skrypt:

```
> # utworzenie macierzy MAT5B bez kolumny pierwszej macierzy MAT3A
> MAT5B<-cbind(MAT3A[,2:4])
> MAT5B
      [,1]      [,2]      [,3]
[1,] 60065.2 48731.62 111.70
[2,] 182513417.9 137905436.17 335038.33
[3,] 137905436.2 159531664.68 277937.71
[4,] 335038.3 277937.71 629.05
> # utworzenie macierzy MAT6B bez wiersza pierwszego macierzy MAT5B
> MAT6B<-rbind(MAT5B[2:4,])
> MAT6B
      [,1]      [,2]      [,3]
[1,] 182513417.9 137905436.2 335038.33
[2,] 137905436.2 159531664.7 277937.71
[3,] 335038.3 277937.7 629.05
> det(MAT6B)
[1] 2.948954e+16
```

Dotyczyło to elementu macierzy będącego w pierwszej kolumnie i pierwszym wierszu, a teraz spróbujemy obliczyć element macierzy $[D']$ dla wiersza drugiego i kolumny drugiej macierzy $[X^T X]$:

```
> MAT5C<-cbind(MAT3A[,1],MAT3A[,3:4])
> MAT5C
      [,1]      [,2]      [,3]
[1,]  20.00    48731.62    111.70
[2,] 60065.20 137905436.17 335038.33
[3,] 48731.62 159531664.68 277937.71
[4,]  111.70    277937.71    629.05
> MAT6C<-rbind(MAT3A[1,],MAT3A[3:4,])
> MAT6C
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]
[1,]  20.00    60065.2    48731.62    111.70
[2,] 48731.62 137905436.2 159531664.68 277937.71
[3,]  111.70    335038.3    277937.71    629.05
```

Zauważmy, że składowy nową macierz, wyłączając kolumnę drugą przez podanie pierwszej kolumny i dalszych po kolumnie drugiej ($MAT3A[,1]$, $MAT3A[,3:4]$) i podobnie postępujemy z wyłączeniem wiersza drugiego. Przetestujmy jeszcze dodanie wektora kolumnowego $a2$ oraz wierszowego do określonej macierzy, np. $MAT3A$:

```
> a2<-c(1,2,3,4)
> a2
[1] 1 2 3 4
> MAT7C<-cbind(MAT3A[,1:4],a2)
> MAT7C
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]      a2
[1,]  20.00    60065.2    48731.62    111.70    1
[2,] 60065.20 182513417.9 137905436.17 335038.33 2
[3,] 48731.62 137905436.2 159531664.68 277937.71 3
[4,]  111.70    335038.3    277937.71    629.05 4
> MAT8C<-rbind(MAT3A[1:4,],a2)
> MAT8C
      [,1]      [,2]      [,3]      [,4]
      20.00    60065.2    48731.62    111.70
      60065.20 182513417.9 137905436.17 335038.33
      48731.62 137905436.2 159531664.68 277937.71
      111.70    335038.3    277937.71    629.05
a2      1.00      2.0      3.00      4.00
```

* * *

Opracowanie to skierowane jest w szczególności do studentów kierunków ekonomicznych zamiłowanych w modelowaniu ekonometrycznym zjawisk gospodarczych oraz prognozowaniu i wyznaczaniu funkcji celu w optymalizowanych zadaniach decyzyjnych. Chociaż ogólnie występuje znajomość funkcjonalności Excela, to jednak realizowanie operacji macierzowych jest mało znane lub wcale.

Godne uwagi jest posługiwanie się komendami programu R. Nabranie bowiem wprawy w pisanie skryptów w języku również nazwanym R daje dużą satysfakcję i jest bardzo przydatne przy pracach dyplomowych, jak i rozważaniach naukowych z obszaru statystyki ekonometrii i badań operacyjnych.

1.8. Rozwiązywanie komputerowe zagadnienia komiwojażera

1.8.1. Słowo wstępne

Teoretyczne rozważania problemu komiwojażera zamieszczone są w pracy pod redakcją Edmunda Ignasiaka¹³⁰. Czytając opis modelu matematycznego zadania decyzyjnego z obszaru działalności transportowej, bazujący na skromnej macierzy odległości, odnosimy wrażenie łatwości komputerowego ujęcia tego zagadnienia. Tymczasem podczas prób rozwiązania zadania optymalizacyjnego, np. w programie WinQSB, napotykamy różne niepewności, na które odpowiedzi szukamy w opisie teoretycznym i nie zawsze je znajdujemy. Pozostaje więc wielokrotne testowanie, w różnych ujęciach, sformułowania zadania decyzyjnego. Myślę, że przedstawienie pomyslnego efektu różnych testowań będzie z pożytkiem dla zajmujących się problematyką modelowania optymalizacyjnego zagadnień transportowych na komputerze.

Rozpocznijmy jednak od przykładu przybycia dostawcy do kilku miast i powrotu do swego miasta – siedziby. Niech łącznie będą $n = 4$ miasta. Mogą to być oczywiście inne aglomeracyjne punkty sprzedaży. Przyjęto założenie, że każde miasto może wystąpić tylko raz i kolejność przyjazdu do miast jest dowolna. Do nawiązania opisu manualnego z rozwiązaniem komputerowym, skorzystajmy z następującej nieujemnej, kwadratowej macierzy odległości $C = [c_{ij}]$ ¹³¹:

$$C = \begin{bmatrix} \infty & 2 & 5 & 3 \\ 5 & \infty & 4 & 2 \\ 7 & 2 & \infty & 6 \\ 4 & 3 & 5 & \infty \end{bmatrix}.$$

Oznaczmy w macierzy literą i kolejny wiersz, a j kolumnę, co w ujęciu przewozów oznacza odległość c_{ij} między miastem i a miastem j . Za-

¹³⁰ E. I g n a s i a k (red.), *Badania operacyjne*, wyd. 2. popr., Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1997.

¹³¹ Ibidem, s. 112–114, rozdz. 7.1.

mieszczona macierz odległości może być alternatywnie macierzą kosztów przewozów między miastami. Do określonego miasta wjeżdżamy tylko raz i dlatego, aby wyeliminować przewozy w ramach tego samego miasta, przyjęto odległość zapisaną jako nieskończoność. Ponieważ taka wielkość nie występuje w modelowaniu komputerowym, założono wartość wielokrotnie przewyższającą inne odległości w macierzy C , tj. wartość 100. Zagadnienie transportowe sprowadza się do znalezienia drogi zamkniętej, czyli marszruty, dla której suma odległości lub kosztu stanowi minimum. Liczba marszrut jest równa $(n - 1)!$, co przy czterech miastach wynosi: $(4 - 1)! = 1 \cdot 2 \cdot 3 = 6$ i są one następujące:

1	2	3	4	1		$2 + 4 + 6 + 4 = 16$
1	2	4	3	1		$2 + 2 + 5 + 7 = 16$
1	3	2	4	1		$c_{13} + c_{32} + c_{24} + c_{41} = 5 + 2 + 2 + 4 = 13$
1	3	4	2	1		$5 + 6 + 3 + 5 = 19$
1	4	2	3	1		$3 + 3 + 4 + 7 = 17$
1	4	3	2	1		$3 + 5 + 2 + 5 = 15$

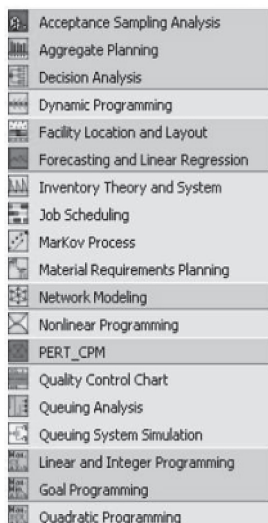
Obok tabelki możliwych sześciu marszrut zamieszczono obliczenie ich długości. Najkrótsza, czyli optymalna, ma długość 13, a najdłuższa 19¹³².

Rozwiązywanie zadań transportowych napotyka na trudności spowodowane szybkim wzrostem ilości możliwości tras dostawy w miarę powiększania się liczby obiektów, do których trafia komiwojażer, np. gdy $n = 8$, to $(n - 1)! = (8 - 1)! = 7! = 5040$ marszrut. Przy tak dużej ich ilości może istnieć wiele marszrut o najmniejszej długości lub też koszcie. Widzimy zatem, że wspomaganie komputerowe jest tu konieczne. Przykład zagadnienia komiwojażera jako zadania o praktycznie dużej liczbie n obiektów nie jest stosowany i zachodzi potrzeba użycia innych metod, np. algorytmu Little'a¹³³.

Wróćmy jednak do przewozu do czterech obiektów i wykorzystajmy moduł (*Linear and Integer Programming* – LPILP) występujący w pakiecie WinQSB. Aplikacja ta obejmuje szereg modułów, co zaprezentowano na rycinie 1.8.1, w tym interesujący nas LPILP.

¹³² Ibidem, s. 113.

¹³³ Ibidem, rozdz. 7.2.



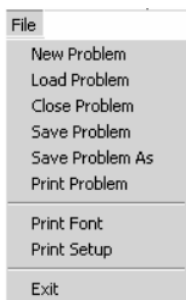
Wybór elementów do próby
 Zagregowane planowanie
 Analiza decyzji
 Programowania dynamiczne
 Alokacja środków
 Prognozowanie i liniowa regresja
 Zarządzanie zapasami
 Planowanie pracy
 Procesy Markowa
 Gospodarka materialowa
 Modele sieciowe
 Programowania nieliniowe
 PERT_CPM
 Karty kontrolne
 Teoria kolejek
 Symulacja systemu kolejek
 Programowanie liniowe i całkowitobowe
 Celowe programowanie
 Programowanie kwadratowe

Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.1. Moduły pakietu WinQSB

Pasek menu modułu (*Linear and Integer Programming*) obejmuje zakładki¹³⁴: (*File*) – Plik, (*Edit*) – Edycja, (*Format*) – Format, (*Solve and Analyze*) – Rozwiązanie i analiza, (*Results*) – Wyniki, (*Utilities*) – Narzędzia, (*Windows*) – Okno, (*WinQSB*) – WinQSB, (*Help*) – Pomoc.

Wymieńmy teraz funkcje trzech podstawowych zakładek, mianowicie: (*File*), (*Edit*) oraz (*Solve And Analyze*) (zob. ryc. 1.8.2–1.8.4).

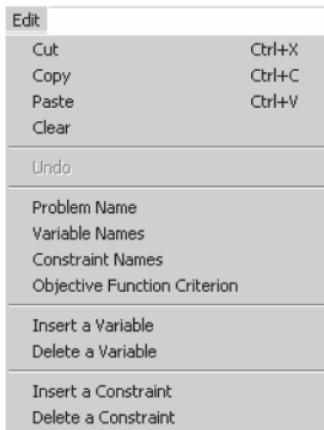


Plik
 Nowy problem
 Załadowanie problemu
 Zamknij problem
 Zapisz problem
 Zapisz problem jako
 Wydrukuj problem
 Wydrukuj czcionki
 Wydrukuj ustawienia
 Zakończ program

Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.2. Funkcje zakładki (*File*)

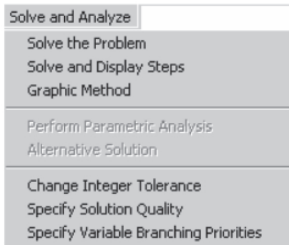
¹³⁴ I. S t a n i e c, *Rozwiązywanie zadań za pomocą pakietu WinQSB* [<http://www.miz.marc.pl/?a=teaching&b=materials>, winqsb_instrukcja_pl.pdf], dostęp: 10.12.2015.



Edycja
Wytnij
Kopiuj
Wklej
Czyść
Cofnij
Nazwa problemu
Nazwa zmiennych
Nazwa ograniczeń
Optimum Funkcji Celu
Wstaw zmienną
Usuń zmienną
Wstaw warunek ograniczający
Usuń warunek ograniczający

Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.3. Funkcje zakładki (*Edit*)

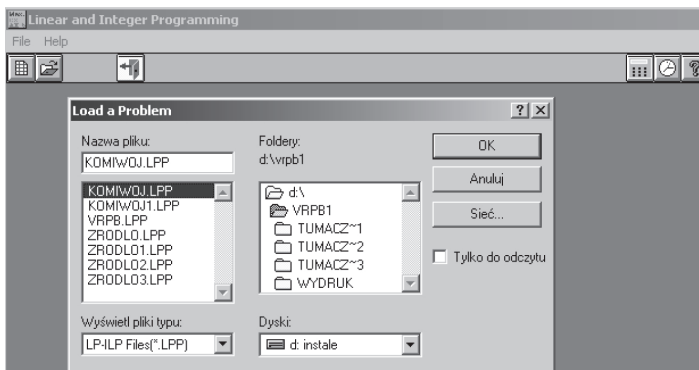


Rozwiązanie i analiza
Rozwiąż problem
Rozwiąż problem krok po kroku
Metoda graficzna
Przedstawienie analizy parametrycznej
Alternatywne rozwiązanie
Zmiana tolerancji całkowitości, tylko dla zmiennych Integer
Specyfikacja jakości rozwiązania, tylko dla zmiennych Integer
Specyfikacja priorytetów przejścia zmiennych, tylko dla zmiennych Integer lub Binary

Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.4. Funkcje zakładki (*Solve and Analyze*)

Sformułujmy teraz zadanie decyzyjne transportowe, zakładając plik (*KOMIWOJ.LPP*) w folderze (*D:\VRPB1*) (ryc. 1.8.5).



Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.5. Widok ekranu inicjującego założenie pliku problemu decyzyjnego

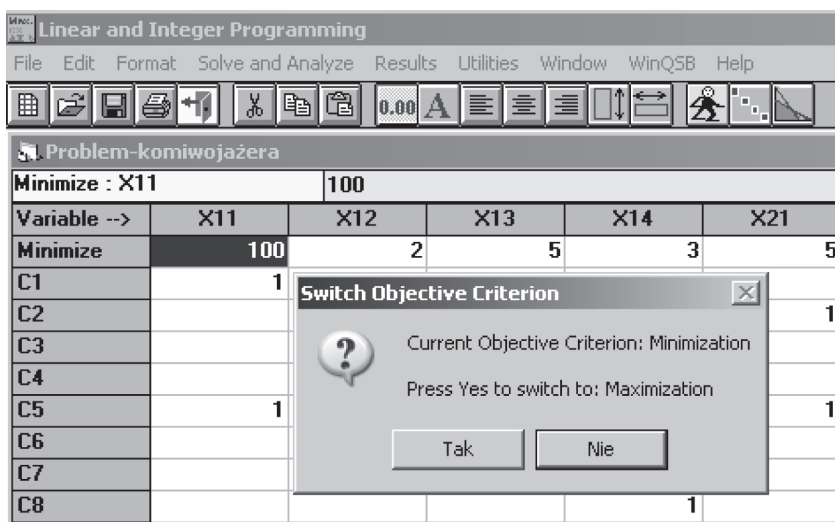
Następnie możemy określić kierunek funkcji celu – minimum lub maksimum. Dla utworzenia siatki zmiennych i ograniczeń musimy teraz określić ich ilości, bazując na założeniach wstępnych oraz macierzy C . Mamy $i \times j = 4 \times 4 = 16$ zmiennych decyzyjnych binarnych, które dla celów przetwarzania komputerowego oznaczamy jako $X_{11} - X_{44}$. Zmienne te przyjmują wartości:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

Wartość 1 występuje, jeżeli dana marszruta zawiera odcinek (i, j) , a 0 w przypadku przeciwnym. Funkcja celu przykładu o elementach $(c_{ij} \cdot x_{ij})$ zmierza do minimum długości¹³⁵:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (1)$$

Widok menu głównego modułu (*Linear and Integer Programming*) oraz fragment zdefiniowanej funkcji celu, zmiennych oraz ograniczeń oznaczonych domyślnie jako C_i pokazano na rycinie 1.8.6.



Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.6. Widok ekranu sformułowania zagadnienia komiwojażera

W celu sformułowania warunków ograniczających musimy powrócić do macierzy C . Podany warunek (2) określa, że z każdego miasta (wiersz macierzy) dostawca po załadunku jedzie do innego z pozostałych trzech

¹³⁵Zob. E. I g n a s i a k (red.), *Badania operacyjne...*, op.cit., rozdz. 7.1.

miast tylko raz, a warunek (3) dotyczy wyjazdu z tego innego miasta po rozładunku również tylko jeden raz.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, \dots, n, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Każdy załadunek, transport oraz rozładunek między dwoma miastami możemy rozpatrywać jako odcinek w marszrucie przewozów między $n = 4$ miastami, co wyrażone jest warunkiem (4)¹³⁶:

$$z_i - z_j + n \cdot x_{ij} \leq n - 1 \quad i, j = 2, \dots, n, i \neq j, z_i, z_j \in R. \quad (4)$$

Dla rozwiązania komputerowego przykładu przyjmujemy, że $i, j = 2, 3, 4$, a nowe zmienne stanowią liczby całkowite 1–4.

Warunek ten czuwa nad przechodzeniem marszruty przez wszystkie cztery miasta. Widzimy tu wprowadzenie dodatkowych zmiennych z_i oraz z_j , przy czym i oznacza numer wiersza, a j numer kolumny, w której znajduje się zmienna decyzyjna x_{ij} .

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} \quad i, j = 1, \dots, n. \quad (5)$$

1.8.2. Asymetryczny problem komiwojażera

Problem komiwojażera jest częścią teorii grafów. Oprócz problemu komiwojażera do zagadnień grafowych zaliczamy m.in.:

- problem chińskiego listonosza,
- problem marszrutyzacji,
- problem kojarzenia małżeństw.

Problem komiwojażera (*travelling salesman problem* – TSP), jak już wiemy, jest zagadnieniem optymalizacyjnym i z punktu widzenia grafu polega na znalezieniu minimalnego cyklu Hamiltona, czyli trasy po drogach dojazdu czy też odjazdu z wierzchołka grafu – stanowiącego w naszym przykładzie określone miasto¹³⁷. Jako cechy podróży między miastami, oprócz już zaprezentowanych w przykładzie odległości, kosztów, mogą jeszcze wystąpić ceny lub czas przebycia odcinka. Tak więc funkcja celu zadania optymalizacyjnego może zmierzać do wyznaczenia najkrótszej/najtańszej/najszybszej drogi łączącej wszystkie miasta zaczynającej i kończącej się w określonym punkcie, np. mieście, bazy transportowej. Jeżeli

¹³⁶ Ibidem, s. 113, warunek (7.4).

¹³⁷ [http://pl.wikipedia.org/wiki/Problem_komiwoja%C5%BCera], dostęp: 15.06.2015 r.

odległość drogowa z miasta i -tego do j -tego jest taka sama jak z j -tego do i -tego, to wówczas mówimy o symetrycznym problemie komiwojażera – STSP. Natomiast gdy są różne, to występuje asymetryczny problem komiwojażera (ATSP), co przedstawiła wcześniej macierz C .

Problem chińskiego listonosza (*Chinese postman problem, route inspection problem*) to zadanie znalezienia ścieżki zamkniętej (wracającej do wierzchołka początkowego), przebiegającej przez każdą krawędź grafu co najmniej raz i mającej minimalny koszt (sumę wag krawędzi)¹³⁸.

Problem marszrutyzacji stanowi rozwinięcie problemu komiwojażera o dalsze warunki przez wprowadzenie zmiennych określających trasy (marszruty) oraz punkty rozładunków na trasach, co jest tematem mego innego artykułu¹³⁹. Problem marszrutyzacji jako zagadnienie decyzyjne operacyjnego wspomaganie zarządzania taborem (flotą) środków transportu polega na wyznaczeniu optymalnych tras przewozowych dla pojazdów obsługujących klientów znajdujących się w różnych miejscowościach, przy zachowaniu ograniczeń przewozowych¹⁴⁰. Dokładne algorytmy wykorzystywane są do 135 klientów. Jako kryterium funkcji celu przyjmuje się całkowity koszt przewozowy wyrażony odległościowo, cenowo lub czasowo.

Istnieje rozwinięcie teoretyczne problemu marszrutyzacji przy wielu kryteriach optymalizacyjnych, lecz ze względu na stopień trudności rozwiązywane jest przy pomocy przybliżonych metod i technik heurystycznych. Stanowią one grupę sposobów i reguł postępowania służącą podejmowaniu najwłaściwszych decyzji w skomplikowanych sytuacjach. Decyzje takie wymagają analizy dostępnych informacji, a także prognozowania zjawisk, bazując na twórczym myśleniu i kombinacjach logicznych¹⁴¹. Warto tu chociaż wymienić niektóre rodzaje metod heurystycznych:

1. Metoda transferu pojęć, polegająca na przenoszeniu pojęć z jednej dziedziny do drugiej.

2. Metoda definicji, polegająca na uściśleniu definicji powszechnie używanych słów przy założeniu, że ustalenie kwestii terminologicznych niejednokrotnie jest istotne dla meritum problemu.

3. Metoda odnawiania, sprowadzająca się do włączenia do danej doktryny nowych osiągnięć w rozważanej dziedzinie, co pozwala na nową interpretację już znanych faktów.

¹³⁸ [https://pl.wikipedia.org/wiki/Problem_chi%C5%84skiego_listonosza], dostęp: 15.06.2015.

¹³⁹ „Zastosowanie zmiennych mieszanych do marszrutyzacji przewozów”, oddany do druku w Wyższej Szkole Zarządzania i Administracji w Opolu.

¹⁴⁰ [http://pl.wikipedia.org/wiki/Problem_komiwoja%C5%BCera], dostęp: 15.06.2015.

¹⁴¹ [https://pl.wikipedia.org/wiki/Metody_i_tekniki_heurystyczne], dostęp: 20.06.2015.

4. Metoda „czarnych skrzynek”, polegająca na oddziaływaniu na nieznaną układ w taki sposób, aby wyniki tego działania wykorzystać do formułowania wniosków dotyczących tego układu.

Problem kojarzenia małżeństw oparty jest na twierdzeniu o kojarzeniu małżeństw (twierdzenie Halla), które przedstawiane jest następująco¹⁴²: Mamy dwie grupy – dziewcząt i chłopców – oraz pewną sieć znajomości, to znaczy wiemy, których chłopców z tej grupy zna każda z dziewczyn. Kiedy zachodzi sytuacja, w której każdej dziewczynie można przyporządkować jednego kandydata na męża? Tacy kandydaci nie mogą się powtarzać. Warunkiem koniecznym i warunkiem wystarczającym na to, by istniało takie skojarzenie par jest to, by każda podgrupa dziewcząt licząca k osób знаła co najmniej k chłopców.

Po tych rozważaniach przystąpmy do kontynuacji rozwiązania asymetrycznego problemu komiwojażera modułem (*Linear and Integer Programming*) pakietu WinQSB. Najpierw wprowadzamy funkcję celu z kryterium minimum ze zmiennymi decyzyjnymi X_{11} – X_{44} i współczynnikami wynikającymi z macierzy odległości C , lecz, jak już wspomniano, zamiast „ ∞ ” wpisujemy liczbę 100. W nawiązaniu do klasycznego algorytmu transportowego kolejne zmienne z_i „dostawcy” oznaczamy jako: Z_{1d} , Z_{2d} , Z_{3d} , Z_{4d} . Zmiennym z_j „odbiorcom” nadano następujące nazwy komputerowe: Z_{1o} , Z_{2o} , Z_{3o} , Z_{4o} . Zmienne te nie mają wpływu na wartość funkcji celu, lecz są tylko zabiegiem matematycznym do algorytmu optymalizacyjnego simpleks, stąd ich współczynniki wynoszą 0 (ryc. 1.8.7).

Na widoku ekranu formułowania zadania decyzyjnego (ryc. 1.8.7) ograniczenia wynikające z warunku (2) stanowią zapisy $C1$ – $C4$, a warunek (3) został zdefiniowany jako zapisy $C5$ – $C8$. Warunek (4) przykładu – z pominięciem pierwszego „dostawcy” ($i = 1$) oraz pierwszego „odbiorcy” ($j = 1$) – stanowi sześć zapisów wynikających ze zredukowanej macierzy C do stopnia trzeciego, gdyż $i, j = 2, \dots, n$

$$C' = \begin{bmatrix} \infty & 4 & 2 \\ 2 & \infty & 6 \\ 3 & 5 & \infty \end{bmatrix}.$$

Pozostały więc wiersze 2–4 oraz kolumny 2–4 odpowiadające zmiennym $z_{i=2 \text{ do } 4}$ oraz $z_{j=2 \text{ do } 4}$.

Przyjmując warunki brzegowe wykluczające równość numeru wiersza i kolumny do rozpatrywanego przykładu, ograniczenie (4) będzie w postaci:

¹⁴² [https://pl.wikipedia.org/wiki/Twierdzenie_o_kojarzeniu_ma%C5%82%C5%BCe%C5%84stw], dostęp: 20.06.2015.

$$z_i - z_j + 4 \cdot x_{ij} \leq 3 \quad i, j = 2, \dots, 4, i \neq j, z_i, z_j \in C. \quad (4)$$

W zapisie komputerowym ograniczenie (4) reprezentowane jest przez warunki szczegółowe C9–C14:

$$C_9: z_2 - z_3 + 4 \cdot x_{23} \leq 3,$$

$$C_{10}: z_2 - z_4 + 4 \cdot x_{24} \leq 3,$$

$$C_{11}: z_3 - z_2 + 4 \cdot x_{32} \leq 3,$$

$$C_{12}: z_3 - z_4 + 4 \cdot x_{34} \leq 3,$$

$$C_{13}: z_4 - z_2 + 4 \cdot x_{42} \leq 3,$$

$$C_{14}: z_4 - z_3 + 4 \cdot x_{43} \leq 3.$$

Warunki brzegowe (dolne – „LowerB”, górne – „UpperB”) zmiennych x_{ij} wynikają z zakresu zmiennej binarnej określonej warunkiem (5) i w programie WinQSB zaznaczone są w formie typu zmiennej „Binary” z ograniczeniem dolnym 0 a górnym 1 (ryc. 1.8.7). Całkowitoliczbowość zmiennych z_i (Z1d, Z2d, Z3d, Z4d) oraz z_j (Z1o, Z2o, Z3o, Z4o) zaznaczamy, wybierając podwójnym kliknięciem typ zmiennej „Variable” jako „Integer”.

Vars:	X11	X12	X13	X14	X21	X22	X23	X24	X31	X32	X33	X34	X41	X42	X43	X44	Z21	Z2d	Z3d	Z4d	Z1o	Z2o	Z3o	Z4o	Directio	R. H.			
Minimiz	100	2	5	3	5	100	4	2	7	2	100	6	4	3	5	100	0	0	0	0	0	0	0	0		=	1		
C1	1	1	1	1																								=	1
C2					1	1	1	1																				=	1
C3									1	1	1	1																=	1
C4													1	1	1	1												=	1
C5	1				1				1				1															=	1
C6		1				1				1				1														=	1
C7			1				1				1				1													=	1
C8				1				1				1				1												=	1
C9							4																					=	3
C10								4											2									=	3
C11									4										2									=	3
C12										4									3									=	3
C13											4			4					3									=	3
C14													4						4									=	3
LowerB	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	=	1
UpperB	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	=	4
Variable	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Binary	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	Integer	

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne w programie WinQSB; gdzie Z21 = Z1d.

Ryc. 1.8.7. Postać sformułowania zadania decyzyjnego asymetrycznego problemu komwojazeru przy funkcji celu minimum

Gdy przyjrzymy się jeszcze raz całości sformułowania decyzyjnego, to zauważamy pomyłkę w zapisie zmiennej Z2d (jest Z21), ale ta zmienna nie ma wpływu na ograniczenie (4). Wszelkie korekty наносimy, korzystając z menu (*Edit*). To menu pozwala nam również na zmianę standardowej szerokości kolumn. Pozostaje nam teraz tylko kliknięcie na menu (*Solve and Analyze*) w celu uzyskania rozwiązania optymalnego. Rozwiązanie zadania możemy uzyskać w dwóch postaciach – jako mieszane (kombinowane zawierające wyniki i analizę wrażliwości) oraz sumaryczne tylko z wynikami „Solution Value” i kolumnami algorytmu simpleks: „Reduced

Cost, Basic Status” (ryc. 1.8.8). Liczbą 1 przy zmiennych x_{ij} zaznaczone są odcinki marszruty optymalnej o długości 13, odpowiadającej (X_{13} , X_{32} , X_{24} , X_{41}), składające się z odcinków ($c_{13} = 5$; $c_{32} = 2$; $c_{24} = 2$; $c_{41} = 4$). Zmienne odpowiadające z_i oraz z_j występują jeden raz.

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit (Cj)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X11	0	100	0	96	at bound
2	X12	0	2	0	0	basic
3	X13	1	5	5	0	basic
4	X14	0	3	0	0	at bound
5	X21	0	5	0	2	at bound
6	X22	0	100	0	99	at bound
7	X23	0	4	0	0	basic
8	X24	1	2	2	0	basic
9	X31	0	7	0	3	at bound
10	X32	1	2	2	0	basic
11	X33	0	100	0	95	at bound
12	X34	0	6	0	3	at bound
13	X41	1	4	4	0	basic
14	X42	0	3	0	1	at bound
15	X43	0	5	0	0	at bound
16	X44	0	100	0	97	at bound
17	Z21	1	0	0	0	at bound
18	Z2d	1	0	0	0	at bound
19	Z3d	1	0	0	0	at bound
20	Z4d	1	0	0	0	at bound
21	Z1o	1	0	0	0	at bound
22	Z2o	1	0	0	0	at bound
23	Z3o	1	0	0	0	at bound
24	Z4o	1	0	0	0	at bound
	Objective Function		(Min.) =	13		

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.8. Rozwiązanie optymalne asymetrycznego problemu komwojazeru

Jeżeli zmienimy kryterium funkcji celu na maksimum, to długość marszruty wynosi 19, co stanowi sumę odcinków wyznaczonych przez zmienne: X_{13} , X_{21} , X_{34} , X_{42} , czyli ($5 + 5 + 6 + 3$). Rozwiązanie komputerowe pokazano na rycinie 1.8.9.

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit (Cj)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X11	0	0	0	-4	at bound
2	X12	0	2	0	-1	at bound
3	X13	1	5	5	0	basic
4	X14	0	3	0	0	at bound
5	X21	1	5	5	0	basic
6	X22	0	0	0	-4	at bound
7	X23	0	4	0	-2	at bound
8	X24	0	2	0	-2	at bound
9	X31	0	7	0	0	basic
10	X32	0	2	0	-4	at bound
11	X33	0	0	0	-8	at bound
12	X34	1	6	6	0	basic
13	X41	0	4	0	0	basic
14	X42	1	3	3	0	basic
15	X43	0	5	0	0	basic
16	X44	0	0	0	-3	at bound
17	Z21	1	0	0	0	at bound
18	Z2d	1	0	0	0	at bound
19	Z3d	1	0	0	0	at bound
20	Z4d	1	0	0	0	at bound
21	Z1o	1	0	0	0	at bound
22	Z2o	2	0	0	0	basic
23	Z3o	1	0	0	0	at bound
24	Z4o	1	0	0	0	at bound
	Objective Function		(Max.) =	19		

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.9. Rozwiązanie optymalne przy kryterium maksimum

1.8.3. Symetryczny problem komiwojażera

Pominięcie warunku (4) powoduje powstanie zagadnienia przydziału, będącego odmianą algorytmu transportowego. Dla małej macierzy odległości uzyskany wynik komputerowy przy kryterium minimum odległości marszruty pozostaje 13. Rozwiązywanie praktycznych zadań transportowych o dużych rozmiarach metodą komiwojażera ze zmiennymi binarnymi i całkowitoliczbowymi staje się nieefektywne ze względu na bardzo dużą liczbę warunków ograniczających. Spróbujmy jednak powiększyć macierz odległości do ósmego stopnia (8 x 8) i zastosować symetryczny problem komiwojażera z ujęciem jako zagadnienie przydziału.

$$D = \begin{bmatrix} 100 & 2 & 5 & 3 & 4 & 6 & 3 & 7 \\ 2 & 100 & 4 & 2 & 2 & 5 & 4 & 5 \\ 5 & 4 & 100 & 6 & 4 & 3 & 6 & 3 \\ 3 & 2 & 6 & 100 & 5 & 4 & 5 & 4 \\ 4 & 2 & 4 & 5 & 100 & 4 & 5 & 4 \\ 6 & 5 & 3 & 4 & 4 & 100 & 2 & 8 \\ 3 & 4 & 6 & 5 & 5 & 2 & 100 & 3 \\ 7 & 5 & 3 & 4 & 4 & 8 & 3 & 100 \end{bmatrix}$$

W macierzy **D** uwzględniono górne elementy wcześniejszej macierzy **C** i dla całości zastosowano układ symetryczny danych ilościowych, tj. odległości między ośmioma miastami. Przedstawione ujęcie macierzy **D** wymagało sformułowania analogicznie jak dla problemu przydziału z czterema miastami następujących elementów zadania decyzyjnego:

- funkcji celu,
- ograniczeń „dostawców”,
- ograniczeń „odbiorców”,
- warunków brzegowych 64 zmiennych binarnych x_{ij} (X11–X88).

Pełny widok sformatowanego zadania decyzyjnego pokazują ryciny 1.8.10 i 1.8.11.

Varial	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	X18	X21	X22	X23	X24	X25	X26	X27	X28	X31	X32	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X41	X42	X43	X44	X45	X46	X47	X48		
Minimal	100	2	5	3	4	6	3	7	2	100	4	2	2	5	4	5	5	4	100	6	4	3	6	3	3	2	6	100	5	4	5	4		
C1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
C2																																		
C3																																		
C4																																		
C5																																		
C6																																		
C7																																		
C8																																		
C9	1								1										1															
C10		1								1										1														
C11			1								1										1													
C12				1								1										1												
C13					1								1										1											
C14						1								1										1										
C15							1								1										1									
C16								1									1									1								
Lower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Upper	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Varial	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary	binary

Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.10. Sformatowanie zadania decyzyjnego zagadnienia przydziału

Varial	X51	X52	X53	X54	X55	X56	X57	X58	X61	X62	X63	X64	X65	X66	X67	X68	X71	X72	X73	X74	X75	X76	X77	X78	X81	X82	X83	X84	X85	X86	X87	X88	linectrl	R. H.						
Minim	4	2	4	5	100	4	5	4	6	5	3	4	4	100	2	8	3	4	6	5	5	2	100	3	7	5	3	4	4	8	3	100	=	1						
C1																																		=	1					
C2																																			=	1				
C3																																			=	1				
C4																																			=	1				
C5	1	1	1	1	1	1	1	1																											=	1				
C6									1	1	1	1	1	1	1	1																				=	1			
C7																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		=	1			
C8	1									1																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		=	1		
C9											1																1	1	1	1	1	1	1	1	1		=	1		
C10		1																										1	1	1	1	1	1	1	1		=	1		
C11			1																										1	1	1	1	1	1	1		=	1		
C12				1																										1	1	1	1	1	1		=	1		
C13					1																										1	1	1	1	1		=	1		
C14						1																										1	1	1	1	1		=	1	
C15							1																										1	1	1	1		=	1	
C16								1																										1	1	1	1		=	1
Lower	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Upper	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Varial	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary	linary		

Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.11. Sformatowanie zadania decyzyjnego zagadnienia przydziału cd.

Tablica rozwiązania sumarycznego jest długa. Wyniki dla odcinków reprezentowanych przez zmienne o łącznej długości 20 są następujące:

$$X_{14} \rightarrow 3 \quad \left| X_{25} \rightarrow 2 \quad \left| X_{38} \rightarrow 3 \quad \left| X_{41} \rightarrow 3 \quad \left| X_{52} \rightarrow 2 \quad \left| X_{67} \rightarrow 2 \quad \left| X_{76} \rightarrow 2 \quad \left| X_{83} \rightarrow 3. \right. \right. \right. \right. \right. \right. \right.$$

Widoki ekranów z rozwiązaniem sumarycznym zadania decyzyjnego zamieszczono na rycinach 1.8.12 i 1.8.13.

12-06-2015 21:54:26	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X11	0	100	0	97	at bound
2	X12	0	2	0	0	basic
3	X13	0	5	0	2	at bound
4	X14	1	3	3	0	basic
5	X15	0	4	0	1	at bound
6	X16	0	6	0	4	at bound
7	X17	0	3	0	1	at bound
8	X18	0	7	0	4	at bound
9	X21	0	2	0	0	basic
10	X22	0	100	0	99	at bound
11	X23	0	4	0	2	at bound
12	X24	0	2	0	0	basic
13	X25	1	2	2	0	basic
14	X26	0	5	0	4	at bound
15	X27	0	4	0	3	at bound
16	X28	0	5	0	3	at bound
17	X31	0	5	0	2	at bound
18	X32	0	4	0	2	at bound
19	X33	0	100	0	97	at bound
20	X34	0	6	0	3	at bound
21	X35	0	4	0	1	at bound
22	X36	0	3	0	1	at bound
23	X37	0	6	0	4	at bound
24	X38	1	3	3	0	basic
25	X41	1	3	3	0	basic
26	X42	0	2	0	0	at bound
27	X43	0	6	0	3	at bound
28	X44	0	100	0	97	at bound
29	X45	0	5	0	2	at bound
30	X46	0	4	0	2	at bound

Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.12. Rozwiązanie sumaryczne zagadnienia przydziału przy kryterium minimum

12-06-2015 21:54:26	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
31	X47	0	5	0	3	at bound
32	X48	0	4	0	1	at bound
33	X51	0	4	0	1	at bound
34	X52	1	2	2	0	basic
35	X53	0	4	0	1	at bound
36	X54	0	5	0	2	at bound
37	X55	0	100	0	97	at bound
38	X56	0	4	0	2	at bound
39	X57	0	5	0	3	at bound
40	X58	0	4	0	1	at bound
41	X61	0	6	0	3	at bound
42	X62	0	5	0	3	at bound
43	X63	0	3	0	0	basic
44	X64	0	4	0	1	at bound
45	X65	0	4	0	1	at bound
46	X66	0	100	0	98	at bound
47	X67	1	2	2	0	basic
48	X68	0	8	0	5	at bound
49	X71	0	3	0	0	at bound
50	X72	0	4	0	2	at bound
51	X73	0	6	0	3	at bound
52	X74	0	5	0	2	at bound
53	X75	0	5	0	2	at bound
54	X76	1	2	2	0	basic
55	X77	0	100	0	98	at bound
56	X78	0	3	0	0	at bound
57	X81	0	7	0	4	at bound
58	X82	0	5	0	3	at bound
59	X83	1	3	3	0	basic
60	X84	0	4	0	1	at bound
61	X85	0	4	0	1	at bound
62	X86	0	8	0	6	at bound
63	X87	0	3	0	1	at bound
64	X88	0	100	0	97	at bound
	Objective Function		(Min.) =	20		

Źródło: Opracowanie własne w programie WinQSB.

Ryc. 1.8.13. Rozwiązanie sumaryczne zagadnienia przydziału przy kryterium minimum cd.

1.8.4. Wspomaganie Excelem algorytmu Little'a

Algorytm Little'a określa reguły podziału, sposób wyznaczania kresu dolnego oraz reguły wyboru podzbioru do podziału¹⁴³, ale najpierw dzielimy zbiór marszrut na dwa podzbiory:

- 1) zawierający określony odcinek;
- 2) niezawierający tego odcinka.

Następnie w podobny sposób dzielimy znowu powstałe podzbiory. W ten sposób liczba marszrut w ramach nowych podzbiorów maleje. Efektem końcowym jest wyłonienie optymalnego podzbioru jednoelementowego – marszruty o n odcinkach. Jako przykład przyjmijmy macierz niesymetryczną kwadratową E , obejmującą odległości między ośmioma miastami.

¹⁴³ Niniejsza część opracowania bazuje na przykładzie postępowania przy zastosowaniu algorytmu Little'a do wyłonienia odcinków optymalnej marszrut, zamieszczonym w pracy: E. I g n a s i a k (red.), *Badania operacyjne...*, op.cit., rozdz. 7.2: *Algorytm Little'a*.

Odległości między tymi miastami przyjmijmy za 100, jak wcześniej dla macierzy **D**.

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} 100 & 2 & 5 & \mathbf{3} & 4 & 6 & 3 & 7 \\ 5 & 100 & 4 & 2 & 2 & 5 & 4 & 5 \\ 2 & 3 & 100 & 6 & 4 & 3 & 6 & 3 \\ 3 & 4 & 5 & 100 & 5 & 4 & 5 & 4 \\ 5 & 6 & 3 & 4 & 100 & 4 & 5 & 4 \\ 4 & 8 & 4 & 7 & 2 & 100 & 2 & 8 \\ 6 & 3 & 2 & 6 & 4 & 4 & 100 & 3 \\ 3 & 2 & 4 & 3 & 3 & 6 & 5 & 100 \end{bmatrix}$$

Wprowadzamy dane do macierzy **E** arkusza kalkulacyjnego Excel (ryc. 1.8.14), ponadto wprowadzamy kolumnę u_i z formułą określenia wartości minimalnej spośród zapisanych, np. dla wiersza $i=1$ w komórkach B12:I12: =MIN(B12:I12). Wartość ta wynosi 2 (komórka J12):

$$u_i = \min_j \{c_{ij}\}$$

Suma elementów u_i po wierszach wynosi 18. Po odjęciu w wierszach wartości minimalnych formułą np. (=B12-\$J\$12) uzyskujemy macierz zredukowaną po wierszach, stosując wzór:

$$v_j = \min_i \{c_{ij} - u_i\}$$

Następnie redukujemy po kolumnach, określając wcześniej wartości minimalne v_j , stosując np. formułę: =MIN(B20:B27). Wielkość redukcji macierzy zredukowanej G^0 (ryc. 1.18.14) wynosi $(18 + 2 = 20)$ i określona jest według wzoru:

$$\omega(G^0) = R = \sum_{i=1}^n u_i + \sum_{j=1}^n v_j.$$

Zbiór wszystkich marszrut określony został jako G^0 . W macierzy zredukowanej \mathbf{E}^0 pojawiły się komórki odpowiadające odcinkom marszruty o odległości zerowej. Teraz podzielmy zbiór marszrut G^0 na dwa rozłączne podzbiory G^1 oraz G^2 , ale najpierw musimy wybrać odcinek (i, j) , któremu w macierzy zredukowanej \mathbf{E}^0 odpowiada koszt traktowany jako odległość zerowa. Spójrzmy jednak na elementy zerowe w macierzy zredukowanej \mathbf{E}^0 (ryc. 1.8.14), których jest aż 17 i odpowiadają one odcinkom w kolejnych wierszach. W wierszach 1. i 8. jest po jednym odcinku o długości zerowej, w wierszach 2., 6. i 7. po dwa, a w wierszach 3.–5. aż po trzy długości zerowe.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
11	i/j	1	2	3	4	5	6	7	8	u_i	
12	1	100	2	5	3	4	6	3	7	2	
13	2	5	100	4	2	2	5	4	5	2	
14	3	2	3	100	6	4	3	6	3	2	
15	4	3	4	5	100	5	4	5	4	3	
16	5	5	6	3	4	100	4	5	4	3	
17	6	4	8	4	7	2	100	2	8	2	
18	7	6	3	2	6	4	4	100	3	2	
19	8	3	2	4	3	3	6	5	100	2	
20		98	0	3	1	2	4	1	5	18	Suma
21		3	98	2	0	0	3	2	3		
22		0	1	98	4	2	1	4	1		
23		0	1	2	97	2	1	2	1		
24		2	3	0	1	97	1	2	1		
25		2	6	2	5	0	98	0	6		
26		4	1	0	4	2	2	98	1		
27		1	0	2	1	1	4	3	98		
28	v_j	0	0	0	0	0	1	0	1	2	Suma
29		98	0	3	1	2	3	1	4	20	R
30		3	98	2	0	0	2	2	2		
31		0	1	98	4	2	0	4	0		
32		0	1	2	97	2	0	2	0	(E^0)	
33		2	3	0	1	97	0	2	0		
34		2	6	2	5	0	97	0	5		
35		4	1	0	4	2	1	98	0		
36		1	0	2	1	1	3	3	97		

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.8.14. Uzyskanie macierzy zredukowanej E^0

Występowanie (wiersz, kolumna) elementów zerowych w poszczególnych wierszach jest następujące:

1	2	3	4	5	6	7	8
(1, 2)	(2, 4), (2, 5)	(3, 1), (3, 6), (3, 8)	(4, 1), (4, 6), (4, 8)	(5, 3), (5, 6), (5, 8)	(6, 5), (6, 7)	(7, 3), (7, 8)	(8, 2)

Natomiast ilościowe rozmieszczenie odcinków marszrut o długościach zerowych po kolumnach jest następujące:

1	2	3	4	5	6	7	8
2	2	2	1	2	3	1	4

Rozwiązywanie zagadnienia transportowego według algorytmu Little'a stanowi analogię do metody minimalnego elementu macierzy. Po zredukowaniu macierzy kosztów jednostkowych transportu między dostawcami a odbiorcami, przewozy lokuje się w wierszach/kolumnach z jednym ze-

rem¹⁴⁴. Biorąc pod uwagę to zalecenie, powinniśmy wybrać wiersze 1. lub 8., lub kolumny 4. lub 7. Jednak w algorytmie Little'a o wyborze określonego odcinka do marszruty optymalnej decyduje tzw. optymistyczny koszt wyłączenia odcinka. Obliczany jest on dla elementów zerowych macierzy zredukowanej E^0 jako suma najmniejszego elementu w wierszu i oraz kolumny j poza elementem (i, j) . Przykładowo dla elementu $(1, 2)$ możemy skorzystać z formuły Excela:

$$=\text{MIN}(\text{B29};\text{D29}:\text{I29})+\text{MIN}(\text{C30}:\text{C36}),$$

przy czym w wierszu 1. komórka arkusza B29 jest przed elementem $(1, 2)$, a przedział $(\text{D29}:\text{I29})$ po tym elemencie. Tak obliczona wartość minimalna w wierszu jest 1, a w obszarze $(\text{C30}:\text{C36})$ kolumny 2. wynosi 0. Optymistyczny koszt wyłączenia odcinka $(1, 2)$ jest zatem jeden (pole zacięnione w dolnej części ryc. 1.8.15). Podobnie postępując, obliczymy dalsze optymistyczne koszty wyłączenia odcinków zerowych (ryc. 1.8.15).

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0						
2				0	0			
3	0					0		0
4	0					0		0
5			0			0		0
6					0		0	
7			0					0
8	0							
1		1						
2				1	0			
3	0					0		0
4	0					0		0
5			0			0		0
6					0		1	
7			0					0
8	1							

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.8.15. Obliczenie optymistycznych kosztów wyłączenia odcinków (komórki zacięnione)

Kierując się algorytmem Little'a, do marszruty wchodzi odcinek o najwyższym optymistycznym koszcie wyłączenia, ale z ryciny 1.8.15 wynika, że najwyższy jest o wielkości 1 i są takie cztery odcinki. W tej sytuacji decydujemy się sami na wybór jednego z nich, przy czym skorzystajmy

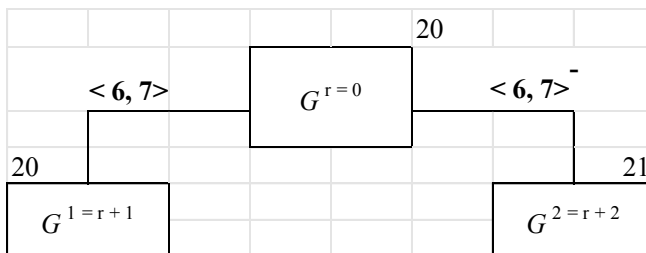
¹⁴⁴ M. D u c z m a l, W. W o r n a l k i e w i c z, *Wstęp do ekonometrii i badań operacyjnych...*, op.cit., podrozdział: 2.10.1 *Zamknięte zagadnienie transportowe (ZZT) – zastosowanie WinQSB*.

z zalecenia przyjmowania elementu z kolumny z jednym zerem. Decydujemy się arbitralnie na odcinek (6, 7) zaznaczony na rycinie 1.8.15 linią podwójną.

Drzewo podziału składa się z wierzchołków G^r i łączących je linii. Wierzchołek stanowi podzbiór obejmujący parametry:

- stopień redukcji $\omega(G^r)$,
- macierz zredukowaną E^r , która powstaje przy dzieleniu podzbiorów z wcześniejszej macierzy E^0 ,
- zbiór odcinków, które wchodzi w skład marszrut należących do danego wierzchołka G^r .

Rozpoczynamy od wierzchołka G^0 , z którym związana jest macierz E^0 i wielkość redukcji $\omega(G^r) = R = 20$. Przystępujemy teraz do tworzenia drzewa podziału stanowiącego układ graficzny od wierzchołka, poprzez gałęzie aż do korzenia. Najpierw dzielimy występujący w wierzchołku G^0 zbiór marszrut na dwa rozłączne podzbiory G^1 i G^2 . W środku wierzchołka podawany jest numer podzbioru, a po jego prawej stronie na górze wpisujemy kres dolny, obliczany na podstawie wielkości redukcji R . Symbol $\langle i, j \rangle$, np. $\langle 6, 7 \rangle$, oznacza zbiór marszrut zawierających ostatni odcinek (i, j), natomiast negacja oznaczona w Excelu jako $\langle i, j \rangle^-$ to zbiór marszrut niezawierających tego odcinka. Początkowy segment drzewa podziału pokazano na rycinie 1.8.16.



Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.8.16. Zainicjowanie drzewa podziału zbioru marszrut

Przy włączeniu odcinka (6, 7) – wierzchołek $G^{r+1} = G^1$ i zgodnie z algorytmem Little’a tworzymy macierz E^1 , wykreślając i -ty wiersz i j -tą kolumnę (ryc. 1.8.17) oraz podstawiając $c_{ji} = c_{76} = \infty$ (w komputerowym przykładzie przyjmowaną jako 100). Potem redukujemy tak powstałą macierz po wierszach, a następnie po kolumnach, podobnie jak uczyniliśmy to z macierzą E . W sytuacji alternatywnej – wyłączenia odcinka (podzbiór marszrut $G^{r+2} = G^2$) – podstawiamy:

$$c_{ij=67}^{r=2} = 100,$$

uzyskując po redukcji macierz $\mathbf{E}^{r+2} = \mathbf{E}^2$. Widok fragmentu arkusza kalkulacyjnego po usunięciu wiersza 6. i kolumny 7. oraz zaznaczeniu elementu $c_{ji} = c_{76} = 100$ pokazano na rycinie 1.8.17.

	1	2	3	4	5	6	8	$\min(u_i)$	u_i	
(\mathbf{E}^1)	1	98	0 ¹	3	1	2	3	4	1	0
	2	3	98	2	0 ¹	0 ¹	2	2	2	0
	3	0 ¹	1	98	4	2	0 ⁰	0 ⁰	1	0
	4	0 ⁰	1	2	97	2	0 ⁰	0 ⁰	1	0
	5	2	3	0 ⁰	1	97	0 ⁰	0 ⁰	1	0
	7	4	1	0 ⁰	4	2	100	0 ⁰	1	0
	8	1	0 ¹	2	1	1	3	97	1	0
	$\min(v_j)$	1	1	2	1	1	2	2		
v_j	0	0	0	0	0	0	0		$R = 0$	

Źródło: Opracowanie własne w Excelu; R obliczono jako sumę redukcji po wierszach oraz kolumnach; $\min(u_i)$ i $\min(v_j)$ dotyczą obliczeń optymistycznego kosztu wyłączenia.

Ryc. 1.8.17. Macierz zredukowana \mathbf{E}^1 z zaznaczeniem nieusuniętych wierszy i kolumn

Dla tej nowej macierzy obliczono komputerowo wielkości u_i oraz v_j , a także wielkość redukcji R macierzy \mathbf{E}^1 , która wynosi 0. Włączenie odcinka (6, 7) do marszruty dało koszty zerowe, a wielkość $\omega(G^1) = 20 + 0 = 20$. Ponadto dla elementów zerowych obliczono optymistyczne koszty wyłączenia odcinków (ryc. 1.8.18).

Teraz zajmiemy się wierzchołkiem G^2 , reprezentującym m.in. macierz zredukowaną \mathbf{E}^2 . Według algorytmu Little'a w macierzy \mathbf{E}^0 dokonujemy podstawienia $c_{67} = \infty$, a u nas 100, tak duże, aby odcinek ten wyeliminować z marszrut wchodzących do podzbioru – wierzchołka G^2 . Po podstawieniu uzyskaną macierz redukujemy podobnie jak to przedstawiono dla wierzchołka G^1 . Następnie dla wszystkich odcinków o koszcie (odległości) zerowej wyznaczamy komputerowo optymistyczne koszty wyłączenia danego odcinka. Obraz wykonanej redukcji, wyznaczenia wielkości redukcji oraz wyniki obliczeń optymistycznych kosztów wyłączenia (w formie cyfry nad zerem) w danej komórce arkusza kalkulacyjnego Excel pokazano na rysunku 1.8.18. Wyłączenie odcinka (6, 7) spowoduje zwiększenie długości każdej marszruty niezawierającej odcinka (6, 7) o 1 jednostkę, tak

więc marszruty należące do zbioru G^2 muszą mieć długość co najmniej 21 (ryc. 1.8.18).

		1	2	3	4	5	6	7	8	$\min(u_i)$
	1	98	0^2	3	1	2	3	1	4	1
	2	3	98	2	0^1	0^0	2	2	2	2
	3	0^0	1	98	4	2	0^0	4	0^0	1
(E^2)	4	0^0	1	2	97	2	0^0	2	0^0	1
	5	2	3	0^0	1	97	0^0	2	0^0	1
	6	2	6	2	5	0^2	97	100	5	2
	7	4	1	0^0	4	2	1	98	0^0	1
	8	1	0^1	2	1	1	3	3	97	1
	$\min(v_j)$	1	1	2	1	1	1	1	2	$R = 1$

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.8.18. Macierz zredukowana E^2 z zaznaczeniem wielkości redukcji i obliczonymi optymistycznymi kosztami wyłączenia odcinków z 0

Nowe dwa wierzchołki aktywne G^1 i G^2 mogą ulec dalszemu podziałowi. Trzeba dodać, że w literaturze przy interpretacji graficznej algorytmu Little'a używa się zamienne pojęć „wierzchołek” oraz „podzbiór”, czasem „zbiór”, co stanowi pewne utrudnienie dla początkującego Czytelnika¹⁴⁵. W kolejności do podziału wybieramy wierzchołek o mniejszym kresie dolnym, czyli G^1 (ryc. 1.8.16). Potencjalnymi 15 odcinkami, które można włączyć do marszruty, są w poszczególnych wierszach odcinki (ryc. 1.8.17):

1	2	3	4	5	7	8
(1, 2)	(2, 4), (2, 5)	(3, 1), (3, 6), (3, 8)	(4, 1), (4, 6), (4, 8)	(5, 3), (5, 6), (5, 8)	(7, 3), (7, 8)	(8, 2)

Według ryciny 1.8.17 największy optymistyczny koszt wyłączenia ma pięć odcinków o wartości 1, tj.: (1, 2), (2, 4), (2, 5), (3, 1), (8, 2). Kierując się podpowiedzią wyboru kolumny z jednym zerem wybieramy arbitralnie do marszruty odcinek (2, 4), a z podziału powstają dwa podzbiory G^3 i G^4 . Eliminujemy odcinek (4, 2) poprzez podstawienie $c_{42} = 100$ (ryc. 1.8.19). Parametr $\omega(G^3) = 20 + 1 = 21$. Obliczone od razu optymistyczne koszty wyłączenia odcinków zerowych po redukcji zaznaczono od razu na rycinie 1.8.19.

¹⁴⁵ E. I g n a s i a k (red.), *Badania operacyjne...*, op.cit., s. 118, 120.

	1	2	3	5	6	8	u_i
1	98	0^2	3	2	3	4	0
3	0^0	1	98	2	0^0	0^0	0
(E^3) 4	0^0	100	2	2	0^0	0^0	0
5	2	3	0^0	97	0^0	0^0	0
7	4	1	0^0	2	100	0^0	0
8	1	0^1	2	1	3	97	0
v_j	0	0	0	1	0	0	$R = 1$

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.8.19. Macierz zredukowana E^3

W kolejności przystępujemy do sformułowania macierzy E^4 poprzez podstawienie $c_{24} = 100$ w macierzy E^1 .

	1	2	3	4	5	6	8	u_i
1	98	0^1	3	0^0	2	3	4	0
2	3	98	2	99	0^3	2	2	0
(E^4) 3	0^0	1	98	3	2	0^0	0^0	0
4	0^0	1	2	96	2	0^0	0^0	0
5	2	3	0^0	0^0	97	0^0	0^0	0
7	4	1	0^0	3	2	100	0^0	0
8	1	0^1	2	0^0	1	3	97	0
v_j	0	0	0	1	0	0	0	$R = 1$

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.8.20. Macierz zredukowana E^4

Po redukcji parametr $\omega(G^4)$ jest sumą $\omega(G^1)$ i wielkości redukcji, czyli wynosi $20 + 1 = 21$.

Powracamy teraz do wierzchołka G^2 , bazując na macierzy E^2 . Największy optymistyczny koszt wyłączenia odcinka mają odcinki (1, 2) i (6, 5), lecz w kolumnach występują po dwa elementy zerowe. W tej sytuacji wybieramy arbitralnie odcinek (1, 2) i rozpoczynamy procedurę algorytmu Little'a ponownie dzieląc G^2 na podzbiory G^5 i G^6 . W macierzy E^2 usuwamy pierwszy wiersz oraz drugą kolumnę. Podstawiamy $c_{21}^2 = 100$ i przystępujemy do redukcji tej macierzy, obliczenia R oraz optymistycznych kosztów wyłączenia odcinków (ryc. 1.8.21).

	1	3	4	5	6	7	8	u_i
2	100	2	0¹	0⁰	2	0⁰	2	0
3	0⁰	98	4	2	0⁰	2	0⁰	0
(E ⁵) 4	0⁰	2	97	2	0⁰	0⁰	0⁰	0
5	2	0⁰	1	97	0⁰	0⁰	0⁰	0
6	2	2	5	0²	97	98	5	0
7	4	0⁰	4	2	1	96	0⁰	0
8	1	2	1	1	3	1	97	0
v_j	0	0	0	0	0	2	0	$R = 2$

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.8.21. Macierz zredukowana E⁵

Parametr $\omega(G^5) = 21 + 2 = 23$. W celu otrzymania macierzy E⁶ podstawiamy $c_{21}^2 = 100$, a następnie przystępujemy do redukcji macierzy E² po wierszach oraz kolumnach, analogicznie jak to uczyniliśmy dla uzyskania macierzy E⁰. Wielkość redukcji $R = 1$, a zatem parametr $\omega(G^6) = 21 + 1 = 22$ (ryc. 1.8.22). Najwyższy optymistyczny koszt wyłączenia wykazują odcinki: (1, 7), (6, 5), (8,2).

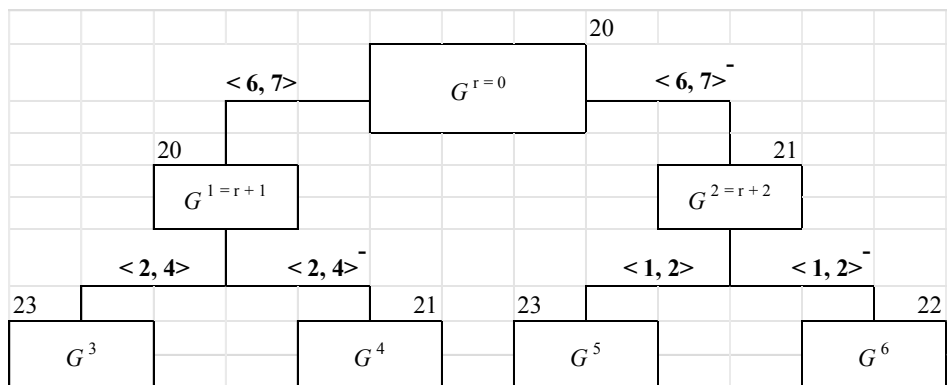
	1	2	3	4	5	6	7	8	u_i	
	1	97	99	2	0	1	2	0²	3	1
	2	100	98	2	0⁰	0⁰	2	2	2	0
	3	0⁰	1	98	4	2	0⁰	4	0⁰	0
(E ⁶) 4	0⁰	1	2	97	2	0⁰	2	0⁰	0	
	5	2	3	0⁰	1	97	0⁰	2	0⁰	0
	6	2	6	2	5	0²	97	100	5	0
	7	4	1	0⁰	4	2	1	98	0⁰	0
	8	1	0²	2	1	1	3	3	97	0
	v_j	0	0	0	0	0	0	0	0	$R = 1$

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.8.22. Macierz zredukowana E⁶

Doprowadziliśmy w naszym przykładzie procedurę algorytmu Little'a do czterech podzbiorów aktywnych: G^3 , G^4 , G^5 i G^6 . Dwa z nich mają kresy dolne o wielkości 23 (G^3 , G^5), 21 ma zbiór marszrut G^4 , a 22 G^6

(ryc. 1.8.23). Podzbiór G^3 ma 2 odcinki (6, 7) i (2, 4) i wskazane jest dalsze kontynuowanie jego podziału, aby szybciej uzyskać rozwiązanie optymalne pełnej marszrut.



Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Ryc. 1.8.23. Fragment drzewa podziału na podzbiory

* * *

Już z zaprezentowanego fragmentu procedury wyłonienia marszrut optymalnej algorytmem Little'a widzimy, jak pracochłonne i mozolne jest dojście tym sposobem do rozwiązania końcowego. Występuje to jaskrawo przy wielu obiektach dostawy. W naszym przypadku 8 miast przy niekorzystnym doborze drogi postępowania może wystąpić (jak już wspomniano na wstępie) nawet $(n - 1)!$ wierzchołków końcowych. Dalsze kontynuowanie w ramach niniejszego materiału byłoby analogiczne do już wcześniej przedstawionego. Z tego względu pozostawia się Czytelnikowi dla wprawy dalsze, choć trochę zaawansowane drzewa podziału na podzbiory marszut.

1.9. Marszrutyzacja przewozów z zastosowaniem programu WinQSB

1.9.1. Wstęp

Jednym z kierunków badań w logistyce jest zastosowanie programowania matematycznego do zarządzania łańcuchem dostaw. Można wyodrębnić następujące klasy zagadnień, których celem jest optymalizacja¹⁴⁶:

- marszrutyzacja środków transportu dla potencjalnych tras dostaw (VRP – *Vehicle Routing Problems*);
- planowanie czasowe realizacji dostaw (VSP – *Vehicle Scheduling Problems*);
- lokalizacja magazynów produkcyjnych lub punktów dystrybucji (FL – *Facility Location*);
- zaprojektowanie sieci dystrybucyjnych (TNDP – *Transportation Network Design Problems*);
- określenie liczby i ładowności środków transportu do realizacji dostaw (VFSP – *Vehicle Fleet Sizing Problems*).

Według Mirosława Liany oraz Tomasza Pisuli¹⁴⁷ głównymi elementami zarządzania łańcuchem dostaw są:

- długoterminowe planowanie marszrutyzacji dostaw;
- planowanie i projektowanie nowych punktów produkcyjnych, centrów dystrybucyjno-magazynowych oraz intermodalnych sieci transportowych;
- planowanie wielkości sieci transportowej;
- określanie obsady osobowej do sieci zaopatrzenia.

Problematyka marszrutyzacji ma wiele wariantów rozwiązań modeli decyzyjnych. Warto tu wymienić klasyczne już zagadnienie komiwojażera (*Travelling Salesman Problem*) odnośnie do pojedynczego środka transportu, bez ograniczenia jego ładowności. Celem jest określenie zamkniętej

¹⁴⁶ Opracowanie niniejsze oparte jest na artykule: M. L i a n a, T. P i s u l a, *Zastosowanie programowania matematycznego do wyboru tras dostaw w sieci dystrybucji*, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych” 2013, t. 14 [<http://www.academia.edu/9499435>], dostęp: 30.05.2015.

¹⁴⁷ Ibidem.

trasy dostaw począwszy od bazy, poprzez odbiorców, dla których znane są popyty oraz miejsca zlokalizowania. W podstawowej odmianie problemu marszrutyzacji następuje wybór tras dostaw do kilku odbiorców. Znamy miejsce oraz potrzeby odbiorców. Tabor pojazdów charakteryzuje się jednakową ładownością, przy czym pojazdy wyjeżdżają od jednego dostawcy. Takie zadanie decyzyjne ma zminimalizować łączne koszty obsługi lub całkowitej długości tras przewozów do odbiorców. Zagadnienie transportowe (VRP) doczekało się opracowania różnych jego odmian:

- VRPB – *Vehicle Routing Problem with Backhauling*. Brani są pod uwagę odbiorcy towarów, których zaopatruje centrum bazowe oraz dostawcy zaopatrujący to centrum. W tej odmianie marszrutyzacji oprócz liczby i pojemności środków transportu dodatkowo wymaga się, aby załadunek u dostawców następował po wyładunku dóbr u odbiorców. Tu może pojawić się problem sterowania pustymi przebiegami pojazdów.

- MPDP – *Mixed Pickup and Delivery Problem*. Jest alternatywnym rozwiązaniem VRPB, z możliwością naprzemiennego załadunku towarów dostawców i wyładunku u odbiorców.

- PVRP – *Periodic Vehicle Routing Problem*. To zagadnienie okresowych dostaw towarów do odbiorców po minimalnej długości trasy dla całego okresu planowania; zmierza do wyznaczenia odbiorców, do których w danym dniu zostanie dowieziony towar, i tras.

- VRPTW – *Vehicle Routing with Time Windows*. Odmiana ta uwzględnia „okna czasowe” rozpoczęcia pracy u każdego odbiorcy. Jeśli pojazdy będą u odbiorców wcześniej, to muszą czekać na towar. Dopuszcza się możliwość wcześniejszego obsłużenia przybyłego transportu, lecz wiąże się to z określonymi karami.

- IRP – *Inventory Vehicle Routing*. W tej odmianie problemu marszrutyzacji następuje minimalizowanie łącznych kosztów użycia środków transportu oraz magazynowania dóbr.

Inspiracją do napisania tego artykułu było zapytanie internetowe odnośnie rozwiązania zadania: „[...] Problem marszrutyzacji środków transportu w planowaniu tras dostaw z wykorzystaniem metody optymalizacji *Vehicle Routing Problem with Backhauling* (VRPB)”. Jak już nadmieniałem, metoda ta jest modyfikacją klasycznego modelu marszrutyzacji dostaw z uwzględnieniem dostaw powrotnych od odbiorców. Zagadnienie optymalizacyjne polega na takim wyborze tras, aby zminimalizować koszty załadunku, transportu oraz rozładunku. W modelowaniu zadania decyzyjnego stosuje się zmienne mieszane rzeczywiste i binarne.

1.9.2. Model matematyczny zadania decyzyjnego klasy VRP

Zanim przystąpimy do rozpatrzenia liniowego modelu matematycznego marszrutyzacji typu VRP przypomnijmy sobie jego założenia:

- firma przewozowa ma jednostopniowy system dystrybucji, tj. dostawca (jeden magazyn centralny) obsługuje kilku odbiorców, np. marketów handlowych;
- towary do dostawców mogą być transportowane cyklicznie;
- pojazdy mają jednakową ładowność i te same koszty na danej trasie; ładowność mogą wyznaczać takie cechy fizyczne, jak: objętość i powierzchnia skrzyni ładunkowej, dopuszczalna masa ładunku, przy czym jedna z tych cech powinna być dominująca; można na ich podstawie wyznaczyć całkowite możliwości taboru;
- przewożone towary są jednakowo przygotowane do przewozu, np. towary są zamocowane na standardowych paletach EUR;
- znana jest mapa połączeń między dostawcą a odbiorcami, z zaznaczeniem odległości i czasu przejazdu, istnieje możliwość wyznaczenia potencjalnych tras dostaw rozpoczynających i kończących się u dostawcy;
- przebycie określonej trasy powoduje pewien koszt, z rozróżnieniem załadunku, transportu oraz wyładunku;
- w optymalizacji koszty zmienne dostaw (zależne od wielkości ładunku wynikającego z łącznego zapotrzebowania odbiorców) są pomijane;
- uwzględnia się część stałą kosztów wynikającą z operacji załadowania lub wyładowania towarów;
- po każdej trasie kursuje tylko jeden pojazd;
- w każdym kursie następuje jeden załadunek u dostawcy, a jego koszty stałe można dodać do kosztów transportu;
- koszty stałe rozładunku mogą być różne u poszczególnych odbiorców.

W optymalnej marszrutyzacji środków transportu dla potencjalnych tras według VRP problem decyzyjny polega na wyborze tras, którymi można dostarczyć żądane ilości towarów odbiorcom przy minimalnych kosztach sumarycznych. W rozpoznanych źródłach internetowych znaleziono krótką publikację poświęconą tematowi dostaw według marszruty VRP¹⁴⁸. Zamieszczono w niej propozycję ogólnego modelu matematycznego takiego problemu decyzyjnego, obejmującego funkcję celu, ograniczenia zasobów oraz warunki brzegowe zmiennych. Funkcja celu stanowi sumę kosztu transportu oraz kosztów stałych załadunku u dostawcy (pierwszy człon FC) oraz koszty stałe rozładunków u odbiorców (człon drugi FC).

¹⁴⁸ Ibidem.

$$FC(y_i, z_{ij}) = \sum_{i=1}^I C_i \cdot y_i + \sum_{i=1}^I c_j \cdot z_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

gdzie:

I – liczba tras; i – numer trasy, $i = 1, 3, \dots, I$; J – liczba odbiorców; j – numer odbiorcy,

$j = 1, 2, \dots, J$; C_i – koszt przejazdu po trasie T_i powiększony o koszt stały załadunku ($C_i > 0$); c_j – stały koszt rozładunku u odbiorcy O_j ($c_j > 0$).

Wprowadzone do zadania decyzyjnego ograniczenia obejmują:

- 5 warunków dla odbiorców:

$$\sum_{i=1}^I x_{ij} = d_j, \quad \text{dla } j = 1, 2, \dots, J, \quad (2)$$

- 10 warunków dla tras:

$$\sum_{i=1}^I x_{ij} \leq S \cdot y_i, \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, I, \quad (3)$$

- 5x10 warunków ładowności samochodów:

$$x_{ij} \leq S \cdot z_{ij}, \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J, \quad (4)$$

- 5x10 warunków możliwości dostawy:

$$z_{ij} \leq a_{ij}, \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J. \quad (5)$$

W wymienionych warunkach wprowadzono parametry: d_j – zapotrzebowanie odbiorcy O_j ($d_j \geq 0$); S – ładowność samochodu ($S > 0$); a_{ij} – wskazująca na możliwe punkty odbioru towaru na trasie przez odbiorców.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$

Liczba 1 występuje wtedy, gdy odbiorca O_j położony jest na trasie T_i , a 0, w przeciwnym przypadku. Złożoność problemu wymaga wprowadzenia do modelu zadania decyzyjnego trzech grup zmiennych:

- 1) x_{ij} – wielkość ładunku przewożonego po trasie T_i do odbiorcy O_j ;
- 2) y_i – wybrana trasa dostawy ładunku przyjmująca 1, gdy realizowany jest kurs po trasie T_i , lub 0 w przypadku przeciwnym;
- 3) z_{ij} – wyładunek u odbiorcy O_j , wartość 1, gdy następuje w trakcie kursu po trasie T_i lub 0 w przypadku przeciwnym.

Widzimy, że w modelu zadania decyzyjnego występują zmienne mieszane x_{ij} , które przyjęto jako całkowitoliczbowe, oraz y_i i z_{ij} jako zmienne binarne. Ponadto w modelu zadania decyzyjnego niezbędne są warunki brzegowe:

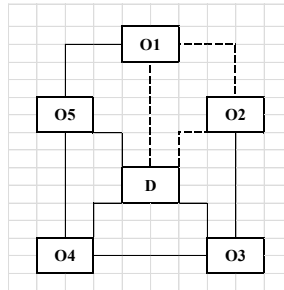
$$x_{ij} \geq 0 \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J, \quad (6)$$

$$y_i - \text{binarne dla } i = 1, 2, \dots, I, \quad (7)$$

$$z_{ij} - \text{binarne dla } i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J. \quad (8)$$

1.9.3. Założenia do testowania modelu programem WinQSB

Pakiet WinQSB można bezpłatnie pozyskać z internetu, wywołując z domeny Google program WinQSB.exe. Zawiera on obszerną funkcjonalność w zakresie modelowania ekonometrycznego, prognozowania oraz optymalizacji, w tym zastosowany w niniejszym przykładzie moduł (*Programowanie liniowe i całkowitoliczbowe*). Aby mieć odniesienie co do poprawności wyników, skorzystano z przykładu zamieszczonego w cytowanej już publikacji¹⁴⁹. Przykład ten dotyczy sieci dystrybucji obsługującej pięciu odbiorców przez jednego dostawcę (ryc. 1.9.1). Liniami zaznaczono umownie potencjalne drogi, którymi dostawca D mający kilka samochodów może rozwozić towar do odbiorców: O_1, O_2, O_3, O_4, O_5 . Samochody po kursie wracają do bazy, przy czym zapotrzebowanie wymienionych odbiorców d_j wynosi: 18, 17, 16, 15, 14 sztuk. Ładowność poszczególnych samochodów wynosi 33 sztuki. W cytowanym przykładzie założono obsługę w trakcie jednego kursu najwyżej dwóch odbiorców na trasie. Przy takim założeniu jest 10 tras (na rycinie 1.9.1 drugą trasę zaznaczono linią przerywaną).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie: M. Li a n a, T. Pi s u l a, *Zastosowanie programowania matematycznego do wyboru tras dostaw w sieci dystrybucji*, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych” 2013, t. 14, ryc. 1.

Ryc. 1.9.1. Sieć dystrybucji towarów

Dla uproszczenia przyjęto jednakowy koszt rozładunku u odbiorcy, wynoszący 10 zł. Koszty załadunku oraz transportu na 10 trasach z podaniem wartości binarnej parametrów a_{ij} podano w tabeli 1.9.1.

¹⁴⁹ Ibidem.

Tabela 1.9.1.
Parametry (współczynniki) a_{ij} oraz koszty C_i na trasach

Koszt C_i	Trasa T_i	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
200	T_1	1	0	0	0	0
320	T_2	1	1	0	0	0
240	T_3	0	1	0	0	0
400	T_4	0	1	1	0	0
300	T_5	0	0	1	0	0
340	T_6	0	0	1	1	0
180	T_7	0	0	0	1	0
290	T_8	0	0	0	1	1
160	T_9	0	0	0	0	1
270	T_{10}	1	0	0	0	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: M. Li ana, T. Pi su la, *Zastosowanie programowania matematycznego do wyboru tras dostaw w sieci dystrybucji*, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych” 2013, t. 14, tab. 1.

W wymienionej publikacji autorzy zaznaczają, że optymalizację prezentowanego zadania decyzyjnego wykonano w dodatku (*Solver*) Excela i uzyskano wartość funkcji celu 900. Nie podano jednak sposobu sformułowania zadania decyzyjnego w tym programie. Wobec uciążliwości zapisania omawianego zadania w (*Solver*) w warunkach własnego mikrokomputera – przy wielu zmiennych oraz ograniczeniach i warunkach brzegowych – zdecydowałem się rozwiązać to zadanie w programie WinQSB. Mając $I = 10$ tras oraz $J = 5$ odbiorców, w modelu mamy:

- a) $I \cdot J = 10 \cdot 5 = 50$ zmiennych ciągłych (rzeczywistych całkowitych);
- b) $I \cdot (J + 1) = 10 \cdot (5 + 1) = 60$ zmiennych binarnych;
- c) $2 \cdot I \cdot J + I + J = 2 \cdot 10 \cdot 5 + 10 + 5 = 215$ warunków ograniczających (2) – (5).

1.9.4. Procedura sformułowania zadania decyzyjnego w WinQSB

Po zainstalowaniu programu WinQSB.exe z internetu, z menu (*Start*) wywołujemy ten program, a następnie wybieramy moduł (*Linear and Integer Programming*). Nadajemy nazwę pliku, dążenie funkcji celu do minimum kosztu przewozu oraz podajemy wstępną liczbę zmiennych ograniczeń. W trakcie dalszego formułowania zadania decyzyjnego możemy skorygować ich liczbę. Zarówno funkcja celu, jak i ograniczenia mają postać liniową. W programie WinQSB wybieramy spośród dwóch możliwości (*Normal*), (*Matrix*) tę drugą, odpowiadającą arkuszowi kalkulacyjnemu Excel. Wprowadzamy także 50 zmiennych x_{ij} ze współczynnikami 0. Następnie wprowadzamy współczynniki C_i (koszty przewozu na 10 trasach) do zmiennych y_j . Miejsca odbioru na trasach zaznaczone są liczbą 1 lub 0 przy 50 zmiennych z_{ij} , gdy dany odbiorca nie „sąsiaduje” z wcześniej poda-

nym dla danej trasy. Fragment widoku ekranu dla minimalizowanej funkcji celu w zakresie zmiennych X_{11} – X_{25} prezentuje rycina 1.9.2. Zwróćmy uwagę, że na potrzeby przetwarzania komputerowego liczby przy zmiennych zapisujemy nie używając formy indeksowej.

Variable →	X11	X12	X13	X14	X15	X21	X22	X23	X24	X25
Minimize	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C1	1					1				
C2		1					1			
C3			1					1		
C4				1					1	
C5					1					1
C6	1	1	1	1	1					
C7						1	1	1	1	1
C8										
C9										
C10										
C11										
C12										
C13										
C14										
C15										
C16	1									
C17		1								
C18			1							

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.2. Widok fragmentu ekranu formułowania zadania decyzyjnego w zakresie zmiennych x_{ij} oraz częściowo ograniczeń (2), (3), (4)

Kolejny widok ekranu (ryc. 1.9.3) pokazuje wprowadzone współczynniki kosztów przewozu, zwane również parametrami, oraz współczynniki ograniczenia (3) po przeniesieniu ($S * y_i$) na lewą stronę nierówności. Trzeba zaznaczyć, że staranne sformułowanie zadania decyzyjnego ma podstawowe znaczenie w uzyskaniu prawidłowego rozwiązania.

Variable →	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
Minimize	200	320	240	400	300	340	180	290	160	270
C1										
C2										
C3										
C4										
C5										
C6	-33									
C7		-33								
C8			-33							
C9				-33						
C10					-33					
C11						-33				
C12							-33			
C13								-33		
C14									-33	
C15										-33

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.3. Widok fragmentu ekranu formułowania zadania decyzyjnego w zakresie zmiennych y_i oraz częściowo ograniczenia (3)

W zakresie funkcji celu pozostaje nam jeszcze wprowadzenie współczynników przy zmiennej rozładunku – z_{ij} . Zgodnie z założeniami przykładu koszt załadunku dla wszystkich tras i odbiorców jest stały i wynosi 10 zł. Fragment zmiennych Z11–Z22 pokazano na rycinie 1.9.4.

Variable -->	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z21	Z22
Minimize	10	10	10	10	10	10	10
C1							

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.4. Fragment ekranu formułowania zadania decyzyjnego w zakresie 50 zmiennych z_{ij}

W celach dydaktycznych pokazano także końcowy fragment sformułowanej funkcji celu w programie WinQSB oraz wpisane zapotrzebowania pięciu odbiorców w kolumnie „R.H.S.” z zakończeniem zapisu warunku (2) (ryc. 1.9.5).

Z104	Z105	Direction	R. H. S.
10	10		
		=	18
		=	17
		=	16
		=	15
		=	14
		<=	0
		<=	0

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.5. Widok fragmentu ekranu wskazania kierunku i wartości prawej strony ograniczenia (2) oraz częściowo ograniczenia (3) po sprowadzeniu zmiennych y_j na lewą stronę nierówności

Zwróćmy uwagę, że program numeruje narastająco kolejno wprowadzone ograniczenia, natomiast zmiennym nadano nazwy według wcześniej przedstawionego modelu matematycznego. Początkowy fragment sformułowania warunku (4) dla zmiennych X11–X22, po sprowadzeniu zmiennych na lewą stronę nierówności, pokazano na rycinie 1.9.6.

Variable -->	X11	X12	X13	X14	X15	X21	X22
C16	1						
C17		1					
C18			1				
C19				1			
C20					1		
C21						1	
C22							1

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.6. Przykład zapisu współczynników dla zmiennych X11–X22

Następny widok jest przykładem zapisu współczynników o wartości 1 dla zmiennych Z11–Z22 warunku (5), stanowiących ograniczenia C66–C72. Zwróćmy uwagę na niezapisywanie współczynników 0; program WinQSB przyjmuje je domyślnie, jeśli jest pusta komórka w arkuszu (*Matrix*) (ryc. 1.9.7).

Variable -->	Z11	Z12	Z13	Z14	Z15	Z21	Z22
C66	1						
C67		1					
C68			1				
C69				1			
C70					1		
C71						1	
C72							1
C73							

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.7. Przykład zapisu współczynników dla zmiennych Z11–Z22

Mamy 50 ograniczeń (5) odpowiadających macierzy a_{ij} dopuszczalnych odbiorów na 10 trasach. W kolumnie kierunku „Direction” zapisywane są dla komputera dwoma symbolami jako „<=”, a w kolumnie zasobów „R.H.S” występują dla nich wartości binarne zgodnie z macierzą parametrów podaną wcześniej w tabeli 1.9.1. Zamieszczone na rycinie 1.9.8 wartości dotyczą trasy T_1 oraz trasy T_2 , na której jest dwóch odbiorców.

Direction	R. H. S.
<=	1
<=	0
<=	0
<=	0
<=	0
<=	1
<=	1
<=	0
<=	0
<=	0

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.8. Przykład zapisu stałych ograniczenia (5) dla tras T_1 i T_2

Pozostaje nam jeszcze sformułowanie warunków brzegowych dla 50 x_{ij} , 10 y_p oraz 50 zmiennych z_{ij} określonych ograniczeniami (6), (7), (8) modelu decyzyjnego wyboru tras dostaw w sieci dystrybucji. W programie za-

znacza się warunki brzegowe w linii dolnego „LowerBound” oraz górnego „UpperBound” ograniczenia warunku dla danej zmiennej. Przyjęto dolne ograniczenie dla zmiennej x_{ij} jako 0, a górne jako M , co oznacza swobodny dobór wielkości górnej. Ponadto poprzez wielokrotne kliknięcie na komórkę zmiennej „VariableType” wybrano „Integer”, co oznacza całkowitoliczowość wyników optymalnych (ryc. 1.9.9).

LowerBound	0	0	0
UpperBound	M	M	M
VariableType	Integer	Integer	Integer

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.9. Przykład zapisu warunków brzegowych dla zmiennych x_{ij}

Zmienne y_i charakteryzuje typ binarny, który wybieramy poprzez klikanie w wierszu „VariableType” formułowanego zadania decyzyjnego (ryc. 1.9.10).

LowerBound	0	0	0
UpperBound	1	1	1
VariableType	Binary	Binary	Binary

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.10. Przykład zapisu warunków brzegowych dla zmiennych y_i

Przykład dwóch fragmentów ekranu (początek i zakończenie) definiowania warunków brzegowych dla zmiennej z_{ij} o również binarnym typie zmiennej przedstawiono na rycinie 1.9.11.

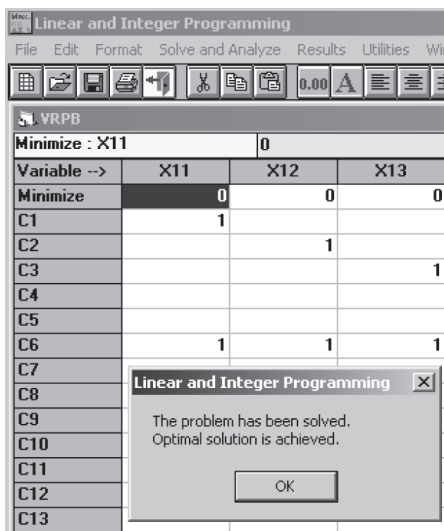
Variable -->	Z11	Z12	Z13
C85			
C86			
LowerBound	0	0	0
UpperBound	1	1	1
VariableType	Binary	Binary	Binary

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.11. Przykład zapisu warunków brzegowych dla zmiennych z_{ij}

1.9.5. Rozwiązanie problemu decyzyjnego o zmiennych mieszanych

Po zdefiniowaniu funkcji celu, ograniczeń zasobów, warunków brzegowych oraz dokładnym sprawdzeniu poprawności całości modelu możemy przystąpić do uzyskania wyników optymalnych modulem (*Linear and Integer Programming*) programu WinQSB. W tym względzie korzystamy z funkcji (*Solve and Analyze*) występującej w menu (ryc. 1.9.12).



Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.12. Sygnalizacja zakończenia procesu optymalizacyjnego

Wobec wielu ograniczeń obliczenia komputerowe trwają dłużej, wywołując niepewność co do poprawności formuły modelu. Pomyślne zakończenie sygnalizuje komputer komunikatem „The problem has been solved. Optimal solution is achieved”, co potwierdzamy, naciskając na przycisk OK.

Ciekawi jesteśmy na pewno rezultatów żmudnego formułowania zadania decyzyjnego ze zmiennymi typu całkowitoliczbowego oraz binarnego. Standardowo program WinQSB podaje bardzo obszerny widok „Combined Report for VRPB” w formacie kombinowanym, zawierającym rozwiązanie sumaryczne oraz analizę wrażliwości zmiennych, przy czym *VRPB* to nazwa pliku sformułowanego zadania decyzyjnego (ryc. 1.9.13).

	09:11:14	Thursday	June	04	2015	
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c[j]	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1	X11	0	0	0	0	at bound
2	X12	0	0	0	0	at bound
3	X13	0	0	0	0	at bound
4	X14	0	0	0	0	at bound
5	X15	0	0	0	0	basic
6	X21	0	0	0	9,6970	at bound
7	X22	0	0	0	9,6970	at bound
8	X23	0	0	0	9,6970	at bound
9	X24	0	0	0	9,6970	at bound
10	X25	0	0	0	9,6970	at bound
11	X31	0	0	0	0,3030	at bound
12	X32	17,0000	0	0	0	basic

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.13. Początkowy fragment rozwiązania optymalnego

W raporcie oprócz czasu, dnia, daty uruchomienia i numeru kolejnego wiersza, np. 1–12 uzyskania rozwiązania występują kolumny:

- „Decision Variable” – zmienna decyzyjna, np. X_{11} – X_{32} ;
- „Solution Value” – wartość rozwiązania optymalnego danej zmiennej podana standardowo do 4. miejsca po przecinku, np. 17,0000; precyzję możemy zmienić poprzez wejście do menu (*Format*);
- „Unit Cost or Profit” (C_i oraz c_j) – standardowo koszt lub zysk jednostkowy; w tym przykładzie to współczynniki funkcji celu, które mają charakter „umowny” w zależności od roli danej grupy zmiennej decyzyjnej; na przykład dla zmiennej y_j stanowią koszty przewozu C_i na danej trasie, a dla zmiennej z_{ij} stały koszt rozładunku c_j ;
- „Total Contribution” – iloczyn zmiennej i np. kosztu;
- „Reduced Cost”, „Basis Status” – wartości generowane przez algorytm simpleks zakodowany w programie WinQSB.

Kolejny fragment widoku ekranu pokazuje rezultat zapisania danych z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku przy skorzystaniu – o czym już wspomniano – z menu (*Format*) (ryc. 1.9.14).

	06-04-2015 09:13:46	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit C[j]	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status
1		X11	0	0	0	0	at bound
2		X12	0	0	0	0	at bound
3		X13	0	0	0	0	at bound
4		X14	0	0	0	0	at bound
5		X15	0	0	0	0	basic
6		X21	0	0	0	9,70	at bound
7		X22	0	0	0	9,70	at bound
8		X23	0	0	0	9,70	at bound
9		X24	0	0	0	9,70	at bound
10		X25	0	0	0	9,70	at bound
11		X31	0	0	0	0,30	at bound
12		X32	17,00	0	0	0	basic

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.14. Sformatowanie danych do dwóch miejsc po przecinku

Jak już nadmieniono, mamy 50 zmiennych decyzyjnych x_{ij} , przy czym w zapisie zmiennej najpierw podajemy numer trasy, a później odbiorcy, np. $X105$ to zmienna w macierzy o trasie nr 10 i dla odbiorcy 5. Jeśli dana zmienna ma wartość optymalną, program wpisuje wynik, np. 18 dla zmiennej $X101$. Zmienna y_i oznaczona w programie jako $Y1$ – $Y10$ przyjmuje wartość 1, gdy dana trasa została określona przez komputer jako optymalna z łącznym kosztem przewozu na tej trasie podanym w kolumnie „Unit Cost or Profit $C(i)$ ”.

06-04-2015 09:18:19	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit $C(i)$
46	X101	18	0
47	X102	0	0
48	X103	0	0
49	X104	0	0
50	X105	14	0
51	Y1	0	200
52	Y2	0	320
53	Y3	1	240
54	Y4	0	400
55	Y5	0	300
56	Y6	1	340
57	Y7	0	180
58	Y8	0	290
59	Y9	0	160
60	Y10	1	270
61	Z11	0	10
62	Z12	0	10
63	Z13	0	10
64	Z14	0	10
65	Z15	0	10
66	Z21	0	10
67	Z22	0	10
68	Z23	0	10
69	Z24	0	10
70	Z25	0	10
71	Z31	0	10
72	Z32	1	10

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.15. Fragment rozwiązania optymalnego zmiennych decyzyjnych

Pełne rozwiązanie optymalnych wartości zmiennych decyzyjnych przeprowadzone w programie WinQSB jest zgodne z efektem uzyskanym w dodatku (*Solver*) arkusza kalkulacyjnego Excel¹⁵⁰. Mamy 110 zmiennych decyzyjnych, początkowa w notacji komputerowej to $X11$, a końcowa $Z105$. Rozwiązaniem jest skorzystanie z trzech tras T_3 z przewozem 17 szt. jako rozładunek $z_{3,2}$, następnie T_6 z przewozem do odbiorców 3. i 4. jako rozładunki $z_{6,3}$ i $z_{6,4}$, odpowiednio 16 oraz 15 sztuk, a także skorzystanie z trasy $T10$ i obsłużenie odbiorcy 1. (18 szt.), rozładunek $z_{10,1}$ oraz 5. (14 szt.),

¹⁵⁰ Ibidem, tab. 2.

rozładunek $z_{10,5}$. Tak więc towar należy dostarczyć trzema pojazdami na wymienionych wcześniej trasach.

Tabela 1.9.2
Wartości zmiennych x_{ij} w rozwiązaniu optymalnym dla odbiorców O_j

Trasa T_i	O_1	O_2	O_3	O_4	O_5
T_1	0	0	0	0	0
T_2	0	0	0	0	0
T_3	0	17	0	0	0
T_4	0	0	0	0	0
T_5	0	0	0	0	0
T_6	0	0	16	15	0
T_7	0	0	0	0	0
T_8	0	0	0	0	0
T_9	0	0	0	0	0
T_{10}	18	0	0	0	14

Źródło: M. Li ana, T. Pi sula, *Zastosowanie programowania matematycznego do wyboru tras dostaw w sieci dystrybucji*, „Metody Ilościowe w Badaniach Ekonomicznych” 2013, t. 14, tab. 2.

Ryc. 1.9.16. Rozwiązanie optymalne

Funkcja celu (1) obejmująca minimum wszystkich kosztów wynosi 900 zł (ryc. 1.9.17). Zawiera łączne koszty transportu wraz ze stałymi kosztami załadunku oraz koszty rozładunku u odbiorców wynoszące 50 zł dla pięciu odbiorców.

106	Z101	1	10	10
107	Z102	0	10	0
108	Z103	0	10	0
109	Z104	0	10	0
110	Z105	1	10	10
	Objective Function	(Min.) =	900	

Źródło: Opracowanie własne.

Ryc. 1.9.17. Wynik funkcji celu

* * *

Przedstawiony model oraz jego realizacja w programie WinQSB dotyczy jednego dostawcy oraz pięciu odbiorców. Może być potraktowany jako subrozwiązanie optymalne szerszego problemu marszrutyzacji, gdzie występuje wielu dostawców i mają swoich odbiorców.

Funkcja celu globalnego może być inna, np. jakościowa, dotycząca całego problemu dostaw i powrotu środków transportowych do bazy. Wymaga to jednak ponownego spojrzenia na całość i przemodelowania matematycznego takiego lub podobnego problemu decyzyjnego.

1.10. Zastosowanie programu Excel do selekcji zleceń przewozowych

1.10.1. Wprowadzenie

Wstępem do procedury wielokryterialnego wspomaganie decyzji w projektowaniu i realizacji zleceń przewozowych w transporcie drogowym – samochodowym – jest problem ich selekcji. Zaprezentowano go na przykładzie hipotetycznym taboru małej firmy transportowej. Przyjmijmy, że w trakcie planowania zestawu kolejnych usług transportowych omawiana firma posiada u siebie w bazie:

- dwa pojazdy będące w trakcie wykonywania wcześniejszych zleceń;
- trzy pojazdy unieruchomione ze względów formalnoprawnych oraz technicznych;

- pięć pojazdów oczekujących na „pracę”, przy czym część z nich może nie spełniać warunków ograniczających, wynikających z ich dopasowania do zgłoszonych zleceń przewozowych, których niech będzie np. dziesięć.

Omówiony problem badawczy w hierarchii ważności został zakwalifikowany jako czwarty, co uzyskano w wyniku podsumowania ankiety badawczej przeprowadzonej w przedsiębiorstwach usług transportowych. Ranking ważności problemów decyzyjnych mierzony wagą (1–10) zamieszczono w tabeli 1.10.1¹⁵¹. W tabeli tej podano również kolejność (wyróżnik teoretyczny) ważności problemu wynikający z odpowiedzi respondentów.

Tabela 1.10.1

Ranking ważności problemów decyzyjnych

Lp.	Ważność problemu decyzyjnego	Waga teoretyczna	Wyróżnik
1	Zdobywanie informacji o rynku	5,01	1
2	<i>Ustalenie liczby pracowników</i>	4,74	2
3	<i>Kształtowanie portfela usług transportowych</i>	4,72	3

¹⁵¹ J. Żak, *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym...*, op.cit.; wagi teoretyczne pochodzą z tabeli 2.1.

Lp.	Ważność problemu decyzyjnego	Waga teoretyczna	Wyróżnik
4	<i>Realizacja zleceń – przyjmowanie/odrzucającie napływających zleceń transportowych</i>	4,63	4
5	<i>Przydział pojazdów do zadań transportowych</i>	4,49	5
6	<i>Ustalenie liczebności taboru</i>	4,37	6
7	<i>Ustalenie ceny usługi transportowej</i>	4,07	7
8	<i>Planowanie tras przewozowych: – towarowych, – pasażerskich</i>	3,88	8
9	<i>Wybór (zakup) nowych pojazdów: – towarowych, – pasażerskich</i>	3,88	
10	Konstrukcja oferty dla klienta	3,62	9
11	Zarządzanie eksploatacją środków transportu – planowanie obsługi i napraw	3,13	10
12	Przydział/dobór pracowników (kierowników) do zadań	3,11	11
13	Planowanie liczby stanowisk zaplecza technicznego	2,88	12
14	Planowanie wymiany taboru	2,82	13
15	Konsolidacja przesyłek i przewozów pasażerskich	2,56	14
16	Realizacja reklamacji	2,44	15
17	Planowanie zakupu części zamiennych i materiałów eksploatacyjnych	2,30	16
18	Wybór poddostawcy (podwykonawcy)	2,18	17
19	Wybór nowego pracownika	1,86	18
20	Planowanie dostaw	1,53	19
21	Ustalenie terminu wykonania zadania	0,91	20

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne na podstawie: J. Ż a k, *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym*, Politechnika Poznańska, Poznań 2005, tab. 2.1.

W tabeli 1.10.1 kursywą zaznaczono wybrane problemy decyzyjne w transporcie drogowym do badań optymalizacyjnych, które w formie zagregowanej przyjęły następujące określenia¹⁵²:

1. Przyjmowanie/odrzucającie zleceń przewozowych wraz z przydziałem pojazdów do zleceń i ustaleniem ich ceny.
2. Kształtowanie portfela usług transportowych.
3. Ustalenie liczebności pracowników oraz przydziału i harmonogramowania pracy.

¹⁵² Ibidem, dobór wynikał ze sformułowań teoretycznych zadań problemów decyzyjnych zawartych w rozdziale 4: *Rozwiązywanie wielokryterialnych problemów decyzyjnych w transporcie drogowym*.

4. Marszrutyzacja, czyli planowanie tras przewozowych.
5. Ustalenie liczebności taboru.
6. Wybór (selekcja) taboru.
7. Wymiana taboru.

1.10.2. Dobór pojazdów – zakres informacyjny do algorytmizacji¹⁵³

Założenia: warianty stanowią dostępne pojazdy (tabor) konkurujące o nadchodzące zlecenia, realizacja według procedury dwuetapowej:

1) odrzucenie wariantów (pojazdów) niespełniających warunków ograniczających;

2) ułożenie wariantów (pojazdów) celem wyboru pojazdu najlepiej pasującego do określonego potencjalnego zlecenia.

Indeksy: pojazdy ($r = 1, 2, \dots, R$); zlecenia ($w = 1, 2, \dots, W$).

Cechy charakterystyczne (dane) dotyczące odpowiednio pojazdu lub zlecenia podano w tabeli 1.10.2.

Tabela 1.10.2

Cechy charakterystyczne indeksu pojazdu oraz indeksu zlecenia przewozowego

Symbol indeksu	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Jednostka miary
r	1	\acute{z}	c_{rw}^{tkm}	Koszt tonokilometra dla pojazdu r przydzielonego do wykonania zlecenia przewozowego w (zlecenie drobnicowe)	$\frac{\text{zł}}{\text{tkm}}$
	2	\acute{z}	c_{rw}^{wkm}	Koszt tonokilometra dla pojazdu r przydzielonego do wykonania zlecenia przewozowego w (zlecenie całopojazdowe)	$\frac{\text{zł}}{\text{wkm}}$
	3	w	k_r^m	Współczynnik wykorzystania ładowności pojazdu r	[]
	4	w	k_r^q	Współczynnik wykorzystania pojemności pojazdu r	[]
	5	\acute{z}	m_r^{poj}	Ładowność pojazdu r	t
	6	\acute{z}	q_r^{poj}	Pojemność (objętość) przestrzeni użytkowej pojazdu r	m ³
	7	\acute{z}	v_r^{tech}	Prędkość techniczna pojazdu r	$\frac{\text{km}}{\text{h}}$
w	1	\acute{z}	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w	km
	2	w	l_w^{dojl}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w	km

¹⁵³ Ibidem, rozdział 4.1: *Problem przyjmowania/odrzućania zleceń przewozowych wraz z przydziałem pojazdów do zleceń i ustaleniem ich ceny.*

Symbol indeksu	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Jednostka miary
w	3	\acute{z}	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w	t
	4	w	$P_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w (zlecenie całopojazdowe)	$\frac{z\acute{ł}}{wkm}$
	5	\acute{z}	$P_w^{calc(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w (zlecenie całopojazdowe)	$\frac{z\acute{ł}}{wkm}$
	6	w	$P_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w	zł
	7	\acute{z}	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w	m ³
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w	%
	9	\acute{z}	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego w	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w	h
	11	w	t_w^{dojI}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w	h
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w	h
	13	\acute{z}	$t_w^{dojI(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w	h
	14	\acute{z}	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w	h
	15	\acute{z}	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w	h
	17	\acute{z}	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w	h
	18	\acute{z}	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w	h
	19	\acute{z}	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w	h

T – typ danej: \acute{z} – źródłowa, w – wynikowa.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: J. Żak, *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym*, Politechnika Poznańska, Poznań 2005, s. 105–106.

1.10.3. Dane modelowe pojazdów

W celu sprawdzenia parametrów pojazdów (zaznaczonych w tabeli 1.10.2 jako dane wynikowe w) z warunkami ograniczającymi możemy skorzystać z arkusza kalkulacyjnego Excel. Dla przykładu zabazujemy na danych umownych pięciu pojazdów transportowych oraz na dziesięciu zleceńach przewozowych (tab. 1.10.3–1.10.5).

Tabela 1.10.3

Cechy charakterystyczne pojazdów (dane umowne)

r	T	Symbol cechy	Wartość	Jednostka miary
r1	ż	c_{rw}^{tkm}	2,0	$\frac{zł}{tkm}$
	ż	c_{rw}^{wkm}	5,0	$\frac{zł}{wkm}$
	w	k_r^m	0,8	[]
	w	k_r^q	0,9	[]
	ż	m_r^{poj}	8,0	t
	ż	q_r^{poj}	36	m ³
	ż	v_r^{tech}	80	$\frac{km}{h}$
r2	ż	c_{rw}^{tkm}	4,0	$\frac{zł}{tkm}$
	ż	c_{rw}^{wkm}	6,0	$\frac{zł}{wkm}$
	w	k_r^m	0,85	[]
	w	k_r^q	0,95	[]
	ż	m_r^{poj}	10,0	t
	ż	q_r^{poj}	60	m ³
	ż	v_r^{tech}	100	$\frac{km}{h}$
r3	ż	c_{rw}^{tkm}	3,0	$\frac{zł}{tkm}$

r	T	Symbol cechy	Wartość	Jednostka miary
	ż	C_{rw}^{wkm}	6,0	$\frac{zł}{wkm}$
	w	k_r^m	0,8	[]
	w	k_r^q	0,9	[]
	ż	m_r^{poj}	10,0	t
	ż	q_r^{poj}	36	m ³
	ż	v_r^{tech}	100	$\frac{km}{h}$
r4	ż	C_{rw}^{tkm}	5,0	$\frac{zł}{tkm}$
	ż	C_{rw}^{wkm}	8,0	$\frac{zł}{wkm}$
	w	k_r^m		
	w	k_r^q	0,9	[]
	ż	m_r^{poj}	16,0	t
	ż	q_r^{poj}	72	m ³
	ż	v_r^{tech}	90	$\frac{km}{h}$
r5	ż	C_{rw}^{tkm}	3,0	$\frac{zł}{tkm}$
	ż	C_{rw}^{wkm}	4,0	$\frac{zł}{wkm}$
	w	k_r^m	0,7	[]
	w	k_r^q	0,8	[]
	ż	m_r^{poj}	8,0	t
	ż	q_r^{poj}	36	m ³
	ż	v_r^{tech}	120	$\frac{km}{h}$

Źródło: Opracowanie własne.

Dla ograniczenia wymiarów tabeli przyjęto, że wymienione w tabeli 1.10.3 dane stanowią średnią i dotyczą 10 zleceń przewozowych:

- koszt tonokilometra dla pojazdu r przydzielonego do wykonania zlecenia przewozowego w (zlecenie drobnicowe);
- koszt wozokilometra dla pojazdu r przydzielonego do wykonania zlecenia przewozowego w (zlecenie całopojazdowe).

W sytuacji zróżnicowania wymienionych kosztów podano w tabeli 1.10.4 ich wartości w relacji pojazd r do wykonania zlecenia przewozowego w .

Tabela 1.10.4

Koszty tonokilometra/wozokilometra dla pojazdu r w zleceniu w (dane umowne)

r	Cecha	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w (średnia)
r1	c_{rw}^{tkm}	1,8	1,8	2,0	1,8	2,1	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0
	c_{rw}^{wkm}	4,8	4,9	5,1	4,9	5,1	5,3	5,1	5,1	4,8	4,9	5,0
r2	c_{rw}^{tkm}	4,0	4,1	4,0	3,8	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	3,8	4,0
	c_{rw}^{wkm}	5,8	6,0	6,0	5,9	6,1	6,2	6,1	6,0	5,9	6,0	6,0
r3	c_{rw}^{tkm}	2,8	2,8	3,0	2,9	3,1	3,1	3,0	3,0	3,2	3,1	3,0
	c_{rw}^{wkm}	5,8	5,8	6,0	5,9	6,2	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0
r4	c_{rw}^{tkm}	4,8	4,8	5,0	4,9	5,2	5,1	5,1	5,1	5,0	5,0	5,0
	c_{rw}^{wkm}	7,7	7,8	8,1	8,1	8,0	8,1	8,1	8,1	8,0	8,0	8,0
r5	c_{rw}^{tkm}	2,9	2,8	3,0	2,8	3,0	3,2	3,1	3,1	3,0	3,1	3,0
	c_{rw}^{wkm}	3,9	3,8	3,8	4,0	4,1	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0

Źródło: Opracowanie własne (średnią obliczono w Excelu formułą: ŚREDNIA(...)).

Tabela 1.10.5

Dane dotyczące zleceń przewozowych

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
w1	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w1	100	km
	2	ż	l_w^{dojl}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w1	5	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w1	8	t

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w1 (zlecenie całopojazdowe)	4,0	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calc(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w1 (zlecenie całopojazdowe)	580	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w1		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w1	30	m ³
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w1		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego w1	110	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w1		
	11	w	t_w^{dojI}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w1		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w1		
	13	ż	$t_w^{dojI(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w1	1,5	h
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w1	3,0	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w1	5,5	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w1		
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w1	1	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w1	0,5	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w1	0,5	h

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
$w2$	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego $w2$	120	km
	2	ż	l_w^{dojI}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego $w2$	10	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia $w2$	10	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego $w2$ (zlecenie całopojazdowe)	4,5	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calk(neg)}$	Sugerowany przychód / /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego $w2$ (zlecenie całopojazdowe)	800	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowany przychód / /wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego $w2$		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego $w2$	35	m^3
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego $w2$		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego $w2$	110	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego $w2$		
	11	w	t_w^{dojI}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia $w2$		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia $w2$		
	13	ż	$t_w^{dojI(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia $w2$	2,0	h
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia $w2$	4,0	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego $w2$	5,0	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego $w2$		

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w2	0,5	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w2	0,5	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w2	0,8	h
w3	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w3	150	km
	2	ż	l_w^{dojl}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w3	5	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w3	8	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w3 (zlecenie całopojazdowe)	3,5	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calk(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w3 (zlecenie całopojazdowe)	750	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w3		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w3	35	m ³
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w3		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego w3	115	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w3		
	11	w	t_w^{dojl}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w3		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w3		
	13	ż	$t_w^{dojl(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w3	3	h

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w3	3,0	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w3	6	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w3		
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w3	1	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w3	1	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w3	1,5	h
w4	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w4	200	km
	2	ż	l_w^{dojl}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w4	15	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w4	8	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w4 (zlecenie całopojazdowe)	4,0	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calc(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w4 (zlecenie całopojazdowe)	1000	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w4		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w4	35	m ³
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w4		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego w4	110	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w4		

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	11	w	t_w^{dojl}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w4		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w4		
	13	ż	$t_w^{dojl(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w4	1,0	h
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w4	4,0	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w4	5	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w4		
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w4	0,5	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w4	0,5	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w4	1	h
w5	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w5	100	km
	2	ż	l_w^{dojl}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w5	5	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w5	12	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w5 (zlecenie całopojazdowe)	4,0	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calc(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w5 (zlecenie całopojazdowe)	700	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w5		

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w5	30	m ³
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w5		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego w5	110	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w5		
	11	w	t_w^{dojI}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w5		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w5		
	13	ż	$t_w^{dojI(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w5	1,5	h
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w5	2,5	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w5	5	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w5		
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w5	0,5	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w5	0,5	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w5	0,5	h
w6	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w6	300	km
	2	ż	l_w^{dojI}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w6	15	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w6	11	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w6 (zlecenie całopojazdowe)	4,5	$\frac{zł}{wkm}$

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	5	ż	$p_w^{calc(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w6 (zlecenie całopojazdowe)	1600	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w6		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w6	35	m ³
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w6		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia prze- wzowego w6	115	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w6		
	11	w	t_w^{dojI}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w6		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w6		
	13	ż	$t_w^{dojI(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w6	1	h
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w6	5	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w6	7,5	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w6		
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w6	1,5	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w6	1	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w6	1	h
w7	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w7	80	km

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	2	ż	l_w^{dojl}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego $w7$	10	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia $w7$	5	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego $w7$ (zlecenie całopojazdowe)	4,0	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calc(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego $w7$ (zlecenie całopojazdowe)	650	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego $w7$		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego $w7$	40	m^3
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego $w7$		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego $w7$	110	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego $w7$		
	11	w	t_w^{dojl}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia $w7$		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia $w7$		
	13	ż	$t_w^{dojI(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia $w7$	0,5	h
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia $w7$	4	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego $w7$	2	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego $w7$		

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w7	0	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w7	0,5	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w7	0,5	h
w8	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w8	110	km
	2	ż	l_w^{dojl}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w8	5	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w8	10	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w8 (zlecenie całopojazdowe)	4,0	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calc(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w8 (zlecenie całopojazdowe)	740	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w8		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w8	40	m ³
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w8		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego w8	110	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w8		
	11	w	t_w^{dojl}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w8		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w8		
	13	ż	$t_w^{dojl(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w8	0,5	h

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	14	ż	$t_w^{dojl(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w8	3	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w8	3	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w8		
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w8	0	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w8	1	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w8	2	h
w9	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w9	550	km
	2	ż	l_w^{dojl}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w9	10	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w9	10	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w9 (zlecenie całopojazdowe)	4,0	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calc(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w9 (zlecenie całopojazdowe)	2400	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w9		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w9	45	m ³
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w9		
	9	ż	r_w^{min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego w9	115	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w9		

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	11	w	t_w^{dojI}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w9		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w9		
	13	ż	$t_w^{dojI(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w9	1,5	h
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w9	7	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w9	7,5	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w9		
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w9	1,5	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w9	0,5	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w9	0,5	h
w10	1	ż	l_w	Odległość przewozu (długość trasy) dla zlecenia przewozowego w10	600	km
	2	ż	l_w^{dojI}	Odległość do miejsca załadunku dla zlecenia przewozowego w10	10	km
	3	ż	m_w^{lad}	Masa ładunku dla zlecenia w10	9	t
	4	w	$p_w^{wkm(min)}$	Minimalna cena jednostkowa wozokilometra dla zlecenia przewozowego w10 (zlecenie całopojazdowe)	4,0	$\frac{zł}{wkm}$
	5	ż	$p_w^{calk(neg)}$	Sugerowany przychód/ /wynegocjowana cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w10 (zlecenie całopojazdowe)	2980	$\frac{zł}{wkm}$
	6	w	$p_w^{wkm(neg)}$	Sugerowana/wynegocjowana całkowita cena jednostkowa wykonania zlecenia przewozowego w10		
	7	ż	q_w^{lad}	Objętość ładunku do zlecenia przewozowego w10	30	m ³

w	Lp.	T	Symbol cechy	Nazwa	Wartość	Jednostka miary
	8	w	r_w	Rentowność zlecenia przewozowego w10		
	9	ż	r_w^{\min}	Minimalna rentowność zlecenia przewozowego w10	110	%
	10	w	t_w	Czas wykonania zlecenia przewozowego w10		
	11	w	t_w^{dojI}	Czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w10		
	12	w	t_w^{dojII}	Czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w10		
	13	ż	$t_w^{dojI(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w10	1,5	h
	14	ż	$t_w^{dojII(dop)}$	Dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) dla zlecenia w10	9	h
	15	ż	t_w^{dop}	Dopuszczalny czas wykonania zlecenia przewozowego w10	7,5	h
	16	w	t_w^{jaz}	Czas jazdy dla zlecenia przewozowego w10		
	17	ż	t_w^{ocz}	Czas oczekiwania na załadunek i rozładunek w trakcie wykonywania zlecenia przewozowego w10	2	h
	18	ż	t_w^{roz}	Czas rozładunku dla zlecenia przewozowego w10	0,5	h
	19	ż	t_w^{zal}	Czas załadunku dla zlecenia przewozowego w10	0,5	h

T – typ danej: ż – źródłowa, w – wynikowa.

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne.

Wprowadzamy teraz sześć warunków ograniczających wzajemne relacje pojazdów i zleceń przewozowych¹⁵⁴:

- 1) współczynnik wykorzystania ładowności;
- 2) współczynnik wykorzystania pojemności;
- 3) warunek wykonania usługi w czasie wyznaczonym przez klienta;
- 4) ograniczenie podyktowane czasem funkcjonowania magazynów załadunku i rozładunku;

¹⁵⁴ W opracowaniu zastosowano formuły warunków zamieszczone w książce: J. Ż a k, *Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym...*, op.cit., rozdz. 4.1: *Problem przyjmowania/odrzućania zleceń przewozowych...*, op.cit.

- 5) dostępność pojazdów do planowania przewozów;
- 6) współczynnik rentowności.

1.10.3.1. Współczynnik wykorzystania ładowności

Ze względu na niedopuszczenie do przeciążenia pojazdów stosujemy formułę:

$$\forall r = 1, 2, \dots, R \cap \forall w = 1, 2, \dots, W \quad k_r^m \leq 1 \cap k_r^m = \frac{m_w^{lad}}{m_r^{poj}}$$

Obliczenie wykonane w Excelu dla $R = 5$ i $W = 10$ podano w tabeli 1.10.6.

Tabela 1.10.6
Wartość współczynnika wykorzystania ładowności
oraz sprawdzenie ograniczenia

r/w	m_r^{poj}	m_w^{lad}	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
			8	10	8	8	12	11	5	10	10	9
r1	8		1,00	1,25	1,00	1,00	1,50	1,38	0,63	1,25	1,25	1,13
r2	10		0,80	1,00	0,80	0,80	1,20	1,10	0,50	1,00	1,00	0,90
r3	10		0,80	1,00	0,80	0,80	1,20	1,10	0,50	1,00	1,00	0,90
r4	16		0,50	0,63	0,50	0,50	0,75	0,69	0,31	0,63	0,63	0,56
r5	8		1,00	1,25	1,00	1,00	1,50	1,38	0,63	1,25	1,25	1,13
			w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
r1			T	N	T	T	N	N	T	N	N	N
r2			T	T	T	T	N	N	T	T	T	T
r3			T	T	T	T	N	N	T	T	T	T
r4			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r5			T	N	T	T	N	N	T	N	N	N

T – tak, N – nie.

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Do obliczenia współczynnika ładowności użyto operatora „/”, a jego wartość jako ≤ 1 sprawdzono funkcją JEŻELI, np.: =JEŻELI(E4<=1;”T”;”N”).

Pierwszy warunek ograniczający w odniesieniu do wszystkich dziesięciu zleceń przewozowych spełnia 16-tonowy pojazd r4. Niskie wartości

współczynnika wykorzystania ładowności rodzą obawy co do odpowiedniego poziomu rentowności przewozów.

1.10.3.2. Współczynnik wykorzystania pojemności

Współczynnik wykorzystania pojemności (objętości) przestrzeni użytkowej pojazdu¹⁵⁵ w przykładzie obliczymy z zależności:

$$\forall r = 1, 2, \dots, R \cap R = 5 \cap \forall w = 1, 2, \dots, W \quad k_r^q \leq 1 \cap k_r^q = \frac{q_w^{lad}}{q_r^{poj}}$$

Tabela 1.10.7
Wartość współczynnika wykorzystania pojemności pojazdu oraz sprawdzenie ograniczenia

r/w			w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
	q_w^{lad}	q_r^{poj}	30	35	35	35	30	35	40	40	45	30
r1	36		0,83	0,97	0,97	0,97	0,83	0,97	1,11	1,11	1,25	0,83
r2	60		0,50	0,58	0,58	0,58	0,50	0,58	0,67	0,67	0,75	0,50
r3	36		0,83	0,97	0,97	0,97	0,83	0,97	1,11	1,11	1,25	0,83
r4	72		0,42	0,49	0,49	0,49	0,42	0,49	0,56	0,56	0,63	0,42
r5	36		0,83	0,97	0,97	0,97	0,83	0,97	1,11	1,11	1,25	0,83
			w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
	r1		T	T	T	T	T	T	N	N	N	T
	r2		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	r3		T	T	T	T	T	T	N	N	N	T
	r4		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	r5		T	T	T	T	T	T	N	N	N	T

T – tak, N – nie.

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Warunek drugi wobec wszystkich zleceń przewozowych spełniają pojazdy r2 i r4. Przy przewożeniu towarów spaletyzowanych zarówno współczynnik ładowności, jak i współczynnik wykorzystania pojemności pojazdu podaje się jako liczbę palet możliwych do przewiezienia¹⁵⁶.

¹⁵⁵ Ibidem, s. 107.

¹⁵⁶ Ibidem, s.107.

1.10.3.3. Warunek wykonania usługi w czasie wyznaczonym przez klienta

Warunek ten porównuje potencjalny czas wykonania t_w z czasem dopuszczalnym, wyznaczonym dla określonej usługi, a obliczenia realizujemy według złożonej formuły:

$$\forall r = 1, 2, \dots, R \quad \forall w = 1, 2, \dots, W \quad t_w \leq t_w^{dop} \cap,$$

$$t_w = t_w^{dojl} + t_w^{zal} + t_w^{jaz} + t_w^{roz} + t_w^{ocz} \cap t_w^{dojl} = \frac{l_w^{dojl}}{v_r^{tech}} \cap t_w^{jaz} = \frac{l_w}{v_r^{tech}}.$$

Obliczenie w Excelu czasów dojazdu jako stosunek drogi dojazdu l_w do prędkości v_r^{tech} do miejsca rozładunku (I) i czasów jazdy dla zleceń przewozowych w podano w tabelach 1.10.8–1.10.9.

Tabela 1.10.8
Obliczenie czasów dojazdu do miejsca załadunku w [h]

r/w	v_r^{tech}	l_w^{dojl}	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
			5	10	5	15	5	15	10	5	10	10
r1	80		0,06	0,13	0,06	0,19	0,06	0,19	0,13	0,06	0,13	0,13
r2	100		0,05	0,10	0,05	0,15	0,05	0,15	0,10	0,05	0,10	0,10
r3	100		0,05	0,10	0,05	0,15	0,05	0,15	0,10	0,05	0,10	0,10
r4	90		0,06	0,11	0,06	0,17	0,06	0,17	0,11	0,06	0,11	0,11
r5	120		0,04	0,08	0,04	0,13	0,04	0,13	0,08	0,04	0,08	0,08

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 1.10.9
Obliczenie czasów jazdy dla zleceń przewozowych w [h]

r/w	v_r^{tech}	l_w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
			100	120	150	200	100	300	80	110	550	600
r1	80		1,25	1,50	1,88	2,50	1,25	3,75	1,00	1,38	6,88	7,50
r2	100		1,00	1,20	1,50	2,00	1,00	3,00	0,80	1,10	5,50	6,00
r3	100		1,00	1,20	1,50	2,00	1,00	3,00	0,80	1,10	5,50	6,00
r4	90		1,11	1,33	1,67	2,22	1,11	3,33	0,89	1,22	6,11	6,67
r5	120		0,83	1,00	1,25	1,67	0,83	2,50	0,67	0,92	4,58	5,00

Źródło: Opracowanie własne.

Mając dane składowe elementów trasy dojazdowej, obliczamy w Excelu czasy realizacji poszczególnych dziesięciu zleceń (tab. 1.10.10).

Tabela 1.10.10

Obliczenie czasów wykonania zleceń przewozowych [h]

Cecha	r/w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
t_w^{dojl}	r1	0,06	0,13	0,06	0,19	0,06	0,19	0,13	0,06	0,13	0,13
	r2	0,05	0,1	0,05	0,15	0,05	0,15	0,1	0,05	0,1	0,1
	r3	0,05	0,1	0,05	0,15	0,05	0,15	0,1	0,05	0,1	0,1
	r4	0,06	0,11	0,06	0,17	0,06	0,17	0,11	0,06	0,11	0,11
	r5	0,04	0,08	0,04	0,13	0,04	0,13	0,08	0,04	0,08	0,08
t_w^{zal}		0,50	0,80	1,50	1,00	0,50	1,00	0,50	2,00	0,50	0,50
t_w^{jaz}	r1	1,25	1,50	1,88	2,50	1,25	3,75	1,00	1,38	6,88	7,50
	r2	1,00	1,20	1,50	2,00	1,00	3,00	0,80	1,10	5,50	6,00
	r3	1,00	1,20	1,50	2,00	1,00	3,00	0,80	1,10	5,50	6,00
	r4	1,11	1,33	1,67	2,22	1,11	3,33	0,89	1,22	6,11	6,67
	r5	0,83	1,00	1,25	1,67	0,83	2,50	0,67	0,92	4,58	5,00
t_w^{roz}		0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50
t_w^{ocz}		1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	1,50	0,00	0,00	1,50	2,00
t_w	r1	3,31	3,43	5,44	4,69	2,81	7,44	2,13	4,44	9,51	10,63
	r2	3,05	3,10	5,05	4,15	2,55	6,65	1,90	4,15	8,10	9,10
	r3	3,05	3,10	5,05	4,15	2,55	6,65	1,90	4,15	8,10	9,10
	r4	3,17	3,24	5,23	4,39	2,67	7,00	2,00	4,28	8,72	9,78
	r5	2,87	2,88	4,79	3,80	2,37	6,13	1,75	3,96	7,16	8,08

Źródło: Opracowanie własne.

Ze względu na różną prędkość pojazdów r1–r5 następuje wariantowanie czasu wykonania t_w zlecenia przewozowego dla tych pojazdów (tab. 1.10.10.). Porównajmy teraz obliczone czasy wykonania zleceń przewozowych z odpowiadającymi czasami dopuszczalnymi (tab. 1.10.11).

1.10.3.3. Warunek wykonania usługi w czasie wyznaczonym przez klienta

Warunek ten porównuje potencjalny czas wykonania t_w z czasem dopuszczalnym, wyznaczonym dla określonej usługi, a obliczenia realizujemy według złożonej formuły:

$$\forall r = 1, 2, \dots, R \quad \forall w = 1, 2, \dots, W \quad t_w \leq t_w^{dop} \cap,$$

$$t_w = t_w^{dojl} + t_w^{zal} + t_w^{jaz} + t_w^{roz} + t_w^{ocz} \cap t_w^{dojl} = \frac{l_w^{dojl}}{v_r^{tech}} \cap t_w^{jaz} = \frac{l_w}{v_r^{tech}}.$$

Obliczenie w Excelu czasów dojazdu jako stosunek drogi dojazdu l_w do prędkości v_r^{tech} do miejsca rozładunku (I) i czasów jazdy dla zleceń przewozowych w podano w tabelach 1.10.8–1.10.9.

Tabela 1.10.8
Obliczenie czasów dojazdu do miejsca załadunku w [h]

r/w	v_r^{tech}	l_w^{dojl}	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
			5	10	5	15	5	15	10	5	10	10
r1	80		0,06	0,13	0,06	0,19	0,06	0,19	0,13	0,06	0,13	0,13
r2	100		0,05	0,10	0,05	0,15	0,05	0,15	0,10	0,05	0,10	0,10
r3	100		0,05	0,10	0,05	0,15	0,05	0,15	0,10	0,05	0,10	0,10
r4	90		0,06	0,11	0,06	0,17	0,06	0,17	0,11	0,06	0,11	0,11
r5	120		0,04	0,08	0,04	0,13	0,04	0,13	0,08	0,04	0,08	0,08

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 1.10.9
Obliczenie czasów jazdy dla zleceń przewozowych w [h]

r/w	v_r^{tech}	l_w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
			100	120	150	200	100	300	80	110	550	600
r1	80		1,25	1,50	1,88	2,50	1,25	3,75	1,00	1,38	6,88	7,50
r2	100		1,00	1,20	1,50	2,00	1,00	3,00	0,80	1,10	5,50	6,00
r3	100		1,00	1,20	1,50	2,00	1,00	3,00	0,80	1,10	5,50	6,00
r4	90		1,11	1,33	1,67	2,22	1,11	3,33	0,89	1,22	6,11	6,67
r5	120		0,83	1,00	1,25	1,67	0,83	2,50	0,67	0,92	4,58	5,00

Źródło: Opracowanie własne.

$$\forall r = 1, 2, \dots, R \cap R = 5 \cap \forall w = 1, 2, \dots, W t_w^{dojl} \leq t_w^{dojl(dop)} \cap t_w^{dojl} \leq \frac{J_w^{dojl}}{V_r^{tech}}.$$

Przyjmijmy, że rozmowy z klientem trwają 0,5 godz., a dopuszczalny czas dojazdu do miejsca załadunku (I) dla zlecenia w wynosi $t_w^{dojl(dop)} = 3$ godz. Natomiast dojazd do miejsca rozładunku, np. w supermarkecie, powinien nastąpić godzinę przed jego zamknięciem, czyli do 22.00. Dogodna jest oczywiście sytuacja, gdy magazyn odbiorcy pracuje nieprzerwanie całą dobę i wtedy czas t_w^{dojl} jest nieograniczony. Oczywiście, dla pojazdów $r1-r5$ o różnych prędkościach dopuszczalny czas dojazdu uzależniony jest od odległości miejsca załadunku i rozładunku. Warunek ograniczający dopuszczalny czas dojazdu do miejsca rozładunku (II) wyraża formuła:

$$\forall w = 1, 2, \dots, W t_w^{dojl} \leq t_w^{dojl(dop)} \cap t_w^{dojl} = t_w^{dojl} + t_w^{zal} + t_w^{jaz}.$$

Obliczenia dopuszczalnych czasów dojazdu do miejsc załadunku i rozładunku dla dziesięciu zleceń przewozowych zamieszczono w tabeli 1.10.12.

Tabela 1.10.12
Obliczenia sprawdzające warunki ograniczeń czasów dojazdu do załadunku i rozładunku

Cecha	r/w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
t_w^{dojl}	r1	0,06	0,13	0,06	0,19	0,06	0,19	0,13	0,06	0,13	0,13
	r2	0,05	0,1	0,05	0,15	0,05	0,15	0,1	0,05	0,1	0,1
	r3	0,05	0,1	0,05	0,15	0,05	0,15	0,1	0,05	0,1	0,1
	r4	0,06	0,11	0,06	0,17	0,06	0,17	0,11	0,06	0,11	0,11
	r5	0,04	0,08	0,04	0,13	0,04	0,13	0,08	0,04	0,08	0,08
$t_w^{dojl(dop)}$		1,5	2	3	1,5	1,5	1	0,5	0,5	1,5	1,5
t_w^{zal}		0,50	0,80	1,50	1,00	0,50	1,00	0,50	2,00	0,50	0,50
$t_w^{dojl} \leq t_w^{dojl(dop)}$	r1	1,25	1,50	1,88	2,50	1,25	3,75	1,00	1,38	6,88	7,50
	r2	1,00	1,20	1,50	2,00	1,00	3,00	0,80	1,10	5,50	6,00
	r3	1,00	1,20	1,50	2,00	1,00	3,00	0,80	1,10	5,50	6,00
	r4	1,11	1,33	1,67	2,22	1,11	3,33	0,89	1,22	6,11	6,67
	r5	0,83	1,00	1,25	1,67	0,83	2,50	0,67	0,92	4,58	5,00
$t_w^{dojl} \leq t_w^{dojl(dop)}$		w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
	r1	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	r2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	r3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	r4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	

Cecha	r/w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
t_w^{dojII}	r1	1,81	2,43	3,44	3,69	1,81	4,94	1,63	3,44	7,51	8,13
	r2	1,55	2,10	3,05	3,15	1,55	4,15	1,40	3,15	6,10	6,60
	r3	1,55	2,10	3,05	3,15	1,55	4,15	1,40	3,15	6,10	6,60
	r4	1,67	2,24	3,23	3,39	1,67	4,50	1,50	3,28	6,72	7,28
	r5	1,37	1,88	2,79	2,80	1,37	3,63	1,25	2,96	5,16	5,58
$t_w^{dojII(dop)}$		3,0	4,0	3,0	4,0	2,5	5,0	4,0	3,0	7,0	9,0
$t_w^{dojII} \leq t_w^{dojII(dop)}$		w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
	r1	T	T	N	T	T	T	T	N	N	T
	r2	T	T	N	T	T	T	T	N	T	T
	r3	T	T	N	T	T	T	T	N	T	T
	r4	T	T	N	T	T	T	T	N	T	T
	r5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

T – tak, N – nie.

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Czasy dojazdu do załadunku jak i rozładunku uzależnione są od prędkości pojazdów $r1-r5$, stąd różne ich wartości w tabeli 1.10.12. W porównaniu tych czasów z czasami dopuszczalnymi zastosowano funkcję JEŻELI(), np. dla relacji ($r1-w1$): =JEŻELI(C21<=C\$26;"T";"N").

Zwróćmy szczególną uwagę na adresowanie względne kolumn (C\$26) dla wartości dopuszczalnych czasów dojazdu do rozładunku.

1.10.3.5. Dostępność pojazdów do planowania przewozów

Przystępujemy teraz do ograniczenia zasobów w bieżącym planowaniu przewozów transportowych. Przyjmijmy, że aktualnie zadania transportowe wykonują dwa pojazdy – $r6$ i $r7$ i one nie są uwzględniane. Następne pojazdy oczekujące na pracę to $r8$ i $r9$, lecz one, z uwagi na istniejące przepisy dotyczące transportu samochodowego, nie mogą uczestniczyć w kolejnym zadaniu. Podzielmy zatem nasze pojazdy ze względu na realizację następnego zlecenia przewozowego (T – tak, N – nie).

r	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Realizacja	T	T	T	T	T	N	N	N	N

1.10.3.6. Współczynnik rentowności

Działalność przedsiębiorstwa transportowego powinna być dochodowa. Z tego względu kolejny warunek ograniczenia określa współczynnik

rentowności i dlatego sprawdzamy stosunek potencjalnych przychodów do kosztów zleceń przewozowych, posługując się formułą:

$$\forall r = 1, 2, \dots, R \cap R = 5 \cap \forall w = 1, 2, \dots, W \quad r_w \geq r_w^{\min} \cap r_w = \frac{P_w^{\text{calc}(\text{neg})}}{(I_w^{\text{dojl}} + I_w) c_{rw}^{\text{wkm}}}$$

Dla uproszczenia dalszych tabel i opisów przyjmijmy średnią minimalną rentowność r_w^{\min} wszystkich zleceń na poziomie 110%. Sprawdźmy to jednak z naszymi danymi umownymi odnośnie do zleceń w1–w10 (tab. 1.10.13).

Tabela 1.10.13

Obliczenie współczynnika rentowności i porównanie z minimalnym

	r/w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
	$P_w^{\text{calc}(\text{neg})}$	580	800	750	1000	700	1600	650	740	2400	2980
	I_w^{dojl}	5	10	5	15	5	15	10	5	10	10
	I_w	100	120	150	200	100	300	80	110	550	600
c_{rw}^{wkm}	r1	4,8	4,9	5,1	4,9	5,1	5,3	5,1	5,1	4,8	4,9
	r2	5,8	6,0	6,0	5,9	6,1	6,2	6,1	6,0	5,9	6,0
	r3	5,8	5,8	6,0	5,9	6,2	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0
	r4	7,7	7,8	8,1	8,1	8,0	8,1	8,1	8,1	8,0	8,0
	r5	3,9	3,8	3,8	4,0	4,1	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0
r_w [%]	r1	115	126	95	95	131	96	142	126	89	100
	r2	95	103	81	79	109	82	118	107	73	81
	r3	95	106	81	79	108	82	118	107	71	81
	r4	72	79	60	57	83	63	89	79	54	61
	r5	142	162	127	116	163	121	176	157	107	122
	r_w^{\min}	110	110	115	110	110	115	110	110	115	110
Średnia dla:	r_w^{\min} [%]	112									
$r_w \geq$	r1	T	T	N	N	T	N	T	T	N	N
	r2	N	N	N	N	N	N	T	N	N	N
	r3	N	N	N	N	N	N	T	N	N	N
	r4	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	r5	T	T	T	T	T	T	T	T	N	T

T – tak, N – nie.

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Wartość 112% stanowi średni współczynnik rentowności dla dziesięciu zleceń przewozowych. Dla porównania współczynników rentowności zle-

ceń z minimalnymi wykorzystano również funkcję JEŻELI(). Na przykład pojazd r_1 nie zapewnia minimalnego średniego współczynnika rentowności na poziomie 112% dla zleceń przewozowych: w_3, w_4, w_6, w_9 i w_{10} .

1.10.4. Progi cenowe i obliczenie cen minimalnych

Teraz określimy niezbędne podczas negocjacji progi cenowe przy założonej arbitralnie cenie jednostkowej minimalnej (km) na podstawie formuły:

$$\forall w = 1, 2, \dots, W \quad p_w^{wkm(neg)} \geq p_w^{wkm(min)} \cap p_w^{wkm(neg)} = \frac{p_w^{calc(neg)}}{l_w}.$$

Tabela 1.10.14

Obliczenie progów cenowych dla negocjacji

Cecha/w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
$p_w^{calc(neg)}$	580	800	750	1000	700	1600	650	740	2400	2980
l_w	100	120	150	200	100	300	80	110	550	600
$p_w^{wkm(neg)}$	5,80	6,67	5,00	5,00	7,00	5,33	8,13	6,73	4,36	4,97
$p_w^{wkm(min)}$	4,00	4,50	3,50	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
$p_w^{wkm(neg)} \geq$	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

T – tak.

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

Z ostatniego wiersza tabeli 1.10.14 wynika, że wszystkie zlecenia przewozowe przekraczają minimalny próg cenowy.

Dane o rentowności minimalnej oraz odległości i cenach jednostkowych odniesionych do pojazdów umożliwiają określenie minimalnej ceny jednostkowej zlecenia realizowanego konkretnym pojazdem r według wzoru:

$$p_w^{wkm(min)} = \frac{r_w^{min} (l_w^{dojl} + l_w) c_{rw}^{wkm}}{l_w}.$$

Tabela 1.10.15

Obliczenie minimalnej ceny jednostkowej zlecen

	r/w	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
	l_w^{dojl}	5	10	5	15	5	15	10	5	10	10
	l_w	100	120	150	200	100	300	80	110	550	600
c_{rw}^{wkm}	r1	4,8	4,9	5,1	4,9	5,1	5,3	5,1	5,1	4,8	4,9
	r2	5,8	6,0	6,0	5,9	6,1	6,2	6,1	6,0	5,9	6,0
	r3	5,8	5,8	6,0	5,9	6,2	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0
	r4	7,7	7,8	8,1	8,1	8,0	8,1	8,1	8,1	8,0	8,0
	r5	3,9	3,8	3,8	4,0	4,1	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0
$p_w^{wkm(min)}$	r1	5,54	5,84	6,10	5,79	5,89	6,40	6,31	5,87	5,62	5,40
	r2	6,70	7,15	7,13	6,98	7,05	7,49	7,55	6,90	6,91	6,71
	r3	6,70	6,91	7,13	6,98	7,16	7,49	7,55	6,90	7,03	6,71
	r4	8,89	9,30	9,63	9,58	9,24	9,78	10,02	9,32	9,37	8,95
	r5	4,51	4,53	4,52	4,73	4,74	5,07	5,07	4,72	4,68	4,47
	r_w^{min}	1,10	1,10	1,15	1,10	1,10	1,15	1,10	1,10	1,15	1,10

Źródło: Opracowanie własne w Excelu.

W obliczeniu $p_w^{wkm(min)}$ zastosowano formułę np.: $=(\$D\$15*(\$D\$3+ \$D\$4)*D5)/\$D\4 w odniesieniu do relacji r1–w1. Warto zwrócić uwagę na sposób względny ze znakiem \$ adresowania pól wartości w arkuszu kalkulacyjnym Excela o nazwie „Dane” zapisanym w katalogu „PROJEKT-WSZIA”. Ponadto w tabeli 1.10.14, np. dla pojazdu r1, można zauważyć rezerwy, jakie występują między wartością ceny negocjacji a minimalnymi (założoną i obliczoną) na podstawie danych o zleceniu przewozowym i pojeździe r1, co ukazuje zestawienie.

$p_w^{wkm(neg)}$	5,80	6,67	5,00	5,00	7,00	5,33	8,13	6,73	4,36	4,97
$p_w^{wkm(min)}$	4,00	4,50	3,50	4,00	4,00	4,50	4,00	4,00	4,00	4,00
$p_w^{wkm(min)}$ obliczona dla r1	5,54	5,84	6,10	5,79	5,89	6,40	6,31	5,87	5,62	5,40

1.10.5. Podsumowanie

Zaprezentowano rozważania nad rozliczeniem przewozowym w formie wozokilometrów. Dla zleceń drobnicowych rozpatrzeć należy inne parametry z indeksami tkm (tonokilometry), co pozostawia się do sformułowania przez analogię dociekliwemu Czytelnikowi. Pozostaje teraz podsumowanie spełniania przez pojazdy wymienionych sześciu warunków ograniczających, przy czym r_w^{min} wymienione są w %.

Tabela 1.10.16
Zestawienie spełniania warunków ograniczających pojazdy
przez zlecenia przewozowe

k_r^m	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
r1	T	N	T	T	N	N	T	N	N	N
r2	T	T	T	T	N	N	T	T	T	T
r3	T	T	T	T	N	N	T	T	T	T
r4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r5	T	N	T	T	N	N	T	N	N	N
k_r^q										
r1	T	T	T	T	T	T	N	N	N	T
r2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r3	T	T	T	T	T	T	N	N	N	T
r4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r5	T	T	T	T	T	T	N	N	N	T
$t_w \leq t_w^{dop}$										
r1	T	T	T	T	T	T	N	N	N	N
r2	T	T	T	T	T	T	T	N	N	N
r3	T	T	T	T	T	T	T	N	N	N
r4	T	T	T	T	T	T	T	N	N	N
r5	T	T	T	T	T	T	T	N	T	N
$t_w^{dojl} \leq t_w^{dojl(dop)}$										
r1	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r2	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r3	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r4	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
r5	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T

k_r^m	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10
$r_w \geq r_w^{\min}$										
$r1$	T	T	N	N	T	N	T	T	N	N
$r2$	N	N	N	N	N	N	T	N	N	N
$r3$	N	N	N	N	N	N	T	N	N	N
$r4$	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
$r5$	T	T	T	T	T	T	T	T	N	T

T – tak, N – nie.

Ź r ó d ł o: Opracowanie własne w Excelu.

Na podstawie tabeli 1.10.16 dochodzimy do wniosku, że wszystkie warunki ograniczające spełni pojazd $r1$ w sytuacji podjęcia zlecenia $w1$, natomiast pojazd $r5$ spełni wszystkie warunki przy realizacji zarówno zlecenia $w3$, jak i $w4$. Pojazd $r2$ spełni wszystkie warunki, wykonując zlecenie $w7$. Zlecenia $w2$, $w5$, $w6$, $w8$ – $w10$ nie mogą być realizowane, a w bazie bez pracy pozostaną pojazdy $r3$ i $r4$. Przystąpienie do drugiego etapu procedury rozwiązania problemu decyzyjnego przyjmowania/odrzućania zgłaszanych zleceń przewozowych wymaga szerszej bazy transportowej niż nasza – przyjęta umownie – do celów dydaktycznych. Pozostały bowiem po selekcji warunków ograniczających tylko trzy pojazdy $r1$, $r2$ i $r5$ traktowane jako warianty.

Recenzent

prof. zw. dr hab. Ryszard Broszkiewicz
prof. zw. dr hab. Robert Rauze-Rauziński

Komitet Redakcyjny

prof. dr hab. Marian Duczmal
prof. zw. dr hab. Marek Piałucha
dr Wojciech Duczmal
dr Tadeusz Pokusa
dr Witold Potwora

Projekt okładki i redakcja techniczna

Janina Drozdowska

Redakcja

Violetta Sawicka

Korekta

Agnieszka Jakutajć-Zalewska
Violetta Sawicka

ISBN 978-83-62683-97-0

978-83-7511-243-6

Seria MONOGRAFIE I OPRACOWANIA
pod redakcją prof. dr. hab. **Mariana Duczmala**

WYDAWNICTWA
WYŻSZEJ SZKOŁY ZARZĄDZANIA I ADMINISTRACJI W OPOLU



WYDAWNICTWO INSTYTUT ŚLĄSKI Sp. z o.o.
Opole, ul. Piastowska 17, tel. 77 4540 123
e-mail: wydawnictwo@is.opole.pl

Nakład 150 egz. Objętość 15,66 ark. wyd., 15,00 ark. druk.

