

ZASTOSOWANIE BAZ DANYCH W ANALIZIE DANYCH HISTORYCZNYCH SPRZEDAŻY NA POTRZEBY KLASYFIKACJI POZYCJI MATERIAŁOWYCH I STEROWANIA ZAPASAMI

Słowa kluczowe:

analiza danych historycznych sprzedaży, klasyfikacja ABC/XYZ zapasów, baza danych

1. Wstęp

Zarządzanie zapasami w praktyce bywa dość złożonym problemem. Z licznych doświadczeń autora wynika, że wiele polskich przedsiębiorstw albo nie prowadzi przemyślanej polityki, albo ma poważne problemy z jej realizacją. Problem ten zauważają oraz opisują w swoich pracach inni badacze [3, 5, 7, 12]. Podstawowym problemem jest oczywiście duża ilość informacji do przetworzenia. W tym względzie oczywistym rozwiązaniem technicznym jest zastosowanie relacyjnych baz danych. Spora grupa przedsiębiorstw (może z wyłączeniem małych i mikro przedsiębiorstw) posługuje się albo dedykowanym oprogramowaniem, albo zintegrowanym systemem ERP. Tu problemem staje się właściwa obsługa programu i interpretacja wyników częściowych, często bowiem dochodzi do sytuacji, kiedy nie można dopasować rzeczywistych zdarzeń do danych, które należy wprowadzić w konkretnym systemie (stąd pojawiają się w tych bazach dane niespójne lub niepoprawne). Innym problemem jest oczywiście zakup takiego oprogramowania, co w przypadku systemów klasy ERP dla małych przedsiębiorstw jest bardzo drogą i nieopłacalną inwestycją.

Dominującym jednak rozwiązaniem jest zastosowanie arkusza kalkulacyjnego (np. Excel), w którym dokonywane są potrzebne zestawienia i obliczenia. Podstawowymi zaletami tego rozwiązania są: dostępność, znajomość i prostota obsługi, możliwość dopasowania do każdego problemu, poprzez użycie odpowiednich funkcji itp. Wiele publikacji zawiera przykłady wykonane właśnie w arkuszu kalkulacyjnym [2, 12, 16]. Niestety zastosowanie arkusza ma też swoje poważne wady, m.in. bezpieczne współdzielenie danych pomiędzy wieloma użytkownikami, ale przede wszystkim możliwość wykonania seryjnych obliczeń na dużych zestawach danych z zastosowaniem kwerend SQL. W tym przypadku, wystarczy uzupełniać dane, nie trzeba pamiętać o aktualizacji formuł czy linków, a po uruchomieniu odpowiednich kwerend i makr wyniki aktualizują się automatycznie. Dlatego autor tego artykułu proponuje rozwiązanie polegające na opracowaniu własnej bazy danych do takich analiz, co opisano w dalszych punktach.

2. Charakterystyka problemu zarządzania zapasami i ich klasyfikacji

Zarządzanie zapasami obejmuje zagadnienia klasyfikacji zapasów, analiz dostępnych danych historycznych oraz doboru odpowiedniej techniki sterowania zapasami. Ponadto

duży wpływ na sterowanie zapasem ma rodzaj popytu. W niniejszym artykule rozważany jest tylko przypadek popytu niezależnego, który dodatkowo wykazuje dużą zmienność.

Podstawową zasadą powinno być traktowanie każdej pozycji materiałowej indywidualnie. W związku z tym, najpierw należy przeprowadzić odpowiednią klasyfikację. Wielu autorów publikacji również dostrzega konieczność wprowadzenia grup selekcyjnych zapasów [2, 3, 10, 12, 16]. Krawczyk [9] przedstawia dwie, powszechnie stosowane metody klasyfikacji: ABC oraz XYZ. Aby w praktyce wdrożyć te metody, należy zebrać potrzebne informacje. Do celów analiz statystycznych należy posiadać (zebrać) następujące dane:

- analizowany zakres czasu, czyli jego faktyczną długość, np. jeden rok, dwa lata itp.,
- ilość okresów n w analizowanym zakresie czasu, np. dla zakresu jednego roku może to być 12 miesięcy lub 52 tygodnie,
- kolejne okresy oznacza się poprzez indeks $j = 1, \dots, n$,
- lista materiałowa, która obejmuje m pozycji materiałowych (surowców, części, komponentów itp.),
- kolejne pozycje materiałowe są oznaczane przez indeks $i = 1, \dots, m$,
- w każdym okresie j muszą być znane zagregowane wartości zużycia q (ilości wydań) dla każdej pozycji materiałowej i : q_{ij} ,
- muszą też być znane dla każdej pozycji materiałowej i ceny netto zakupu c (w uproszczeniu może to być uśredniona cena lub średnia ważona, jeśli dostępne są dane o wielkościach dostaw i ich cenach zakupu od dostawców): c_i .

W metodzie ABC dokonuje się podziału na trzy grupy selekcyjne podług kryterium wartości danej pozycji materiałowej. Wartości progowe wyznacza się na podstawie reguły Pareto [4, 6]. Algorytm postępowania jest następujący [9]:

- Dla każdej pozycji materiałowej z listy należy określić:
 - Ilość sztuk użytych (wydanych) w każdym analizowanym okresie (np. w ciągu roku kalendarzowego): q_{ij}
 - Wartość pozycji materiałowej w_{ij} , która jest iloczynem wartości jednostkowej (ceny zakupu netto) i ilości sztuk wydanych w danym okresie:

$$w_{ij} = q_{ij} \cdot c_i \quad (1)$$

- Dokonać sortowania listy materiałowej według łącznej wartości od największej do najmniejszej,
- Obliczyć całkowitą wartość listy materiałowej w danym okresie, czyli zsumować wartości wszystkich pozycji materiałowych:

$$W = \sum_{i=1}^m w_i \quad (2)$$

- Dla każdej pozycji materiałowej obliczyć udział procentowy w całkowitej wartości zakupu:

$$r_i = \frac{w_i}{W} \quad (3)$$

- Obliczyć skumulowany wskaźnik udziału (obliczany rekurencyjnie):

$$a_1 = w_1, a_k = a_{k-1} + w_k, k = 2, \dots, m \quad (4)$$

- Określić wartości graniczne podziału grup. Najczęściej pierwszy próg to $\alpha = 75\%$, a drugi $\beta = 95\%$ [9].

Z praktycznego punktu widzenia podział pozycji materiałowych wg kryterium wartości jest niestety niewystarczający, aby prawidłowo sterować poziomem utrzymywanych zapasów [4, 6, 9, 16]. Dlatego istotne jest również przeprowadzenie klasyfikacji XYZ, która dokonuje podziału na 3 grupy selekcyjne ze względu na poziom rotacji zapasów (regularności zużycia). Podstawą jest prosta analiza statystyczna dostępnych danych historycznych. Krawczyk [9] przedstawia następujący algorytm:

- Dla założonego zakresu czasu, w każdym wyznaczonym okresie j dysponujemy zagregowanymi danymi zużycia (wydań) każdej pozycji materiałowej i w określonej ilości q_{ij} (przy stałej częstotliwości, np. tygodniowo, miesięcznie),
- Dla każdej pozycji materiałowej można w całym analizowanym zakresie policzyć:
 - Średnią ilość zużycia:

$$\bar{q}_i = \frac{\sum_{j=1}^n q_{ij}}{n} \quad (5)$$

- Odchylenie standardowe (uwaga: jeśli liczba danych jest niewielka, np. tylko 12 miesięcy, to zastosowanie ma poniższy wzór (6), jeśli jednak dysponuje się danymi tygodniowymi za dany rok kalendarzowy (np. 52 tygodnie), to wówczas w mianowniku powinno być n , czyli dane z całej populacji [1]):

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (q_{ij} - \bar{q}_i)^2}{n-1}} \quad (6)$$

- Współczynnik zmienności:

$$V_i = \frac{s_i}{\bar{q}_i} \quad (7)$$

- Dane należy posortować podług współczynnika V_i od największych do najmniejszych,
- Określić wartości krytyczne dla współczynnika zmienności. Jeśli analizowany ciąg danych jest dostatecznie liczny statystycznie to wówczas można przyjąć $\alpha = 0,1$, a $\beta = 0,2$. Natomiast, jeśli liczba danych nie spełnia wymagań statystycznych (np. dane miesięczne z jednego roku), to wówczas przyjmuje się wartości $\alpha = 0,2$ oraz $\beta = 0,4$ [1, 9].

W wyniku przeprowadzonej klasyfikacji otrzymuje się macierz zapasów ABC/XYZ, w której występuje 9 grup selekcyjnych. Dla każdej z nich zaleca się stosowanie innej metody sterowania zapasami. Przegląd metod można znaleźć w licznych pracach [8, 13, 14, 15].

3. Generowanie danych testowych

Realizacja umów z przemysłem wiąże się często z klauzulami o poufności danych. W związku z tym, trudno jest przedstawiać szczegółowe wyniki takich analiz. Autor postanowił więc opracować szablon danych, które są potrzebne do takich analiz oraz zgromadzić własne dane testowe. Na potrzeby takiego testu założono, że istnieje hipotetyczne przedsiębiorstwo „Zakład Mechaniczny”, zajmujące się produkcją reduktorów prędkości, zlokalizowane w Krakowie. Zakład ten produkuje szeroki asortyment wyrobów, obejmujący reduktory walcowe, stożkowe i ślimakowe, w sumie 38 różnych wyrobów. Konstrukcje wyrobów zaczerpnięto z [11]. Każdy wyrób został poddany szczegółowej weryfikacji, sporządzono listy kompletacyjne (wraz z koniecznymi uzupełnieniami danych). Ponieważ wiele komponentów składowych się powtarza, przyjęto własny system kodowania części. Ponadto dla każdej pozycji materiałowej przyjęto dostawcę oraz warunki dostaw (minimalną wielkość zamówienia, czas realizacji zamówienia, cenę netto zakupu). W efekcie powstała lista materiałowa obejmująca 234 części.

Dość częstym przypadkiem jest brak bezpośrednich danych dotyczących zużycia (wydań) materiałów do produkcji. Można ten problem rozwiązać pośrednio analizując dane sprzedaży wyrobów gotowych. Jeśli tylko znamy dokładne listy materiałowe (struktury BOM), to jesteśmy w stanie odtworzyć dość dokładnie zużycie materiałów (tu nie można uwzględnić np.: wad zakupionych materiałów, wad produkcyjnych, zaokrąglenia ilości zużycia ze względu na pojemność opakowań zbiorczych oraz wsadu do procesów – to może powodować nieznaczne różnice). Podobną procedurę opisał Krawczyk [9], która polega na agregacji zużycia części na podstawie sprzedaży wyrobów złożonych.

3.1. Algorytm generowania danych testowych

Na potrzeby generowania danych testowych opracowano algorytm oraz jego implementację w języku Visual Basic. Ogólnie rzecz ujmując, całość polega na utworzeniu szeregu pętli iteracyjnych, których zadaniem jest losowe generowanie poszczególnych parametrów. Każdy z nich indywidualnie ma określony zakres, typ danych, a czasem podane możliwe wartości dyskretne lub korygowany rozkład prawdopodobieństwa [1].

Dla ułatwienia wprowadzania danych wejściowych oraz generowania danych wyjściowych całość zaimplementowano w arkuszu kalkulacyjnym Excel. Dla danych wejściowych utworzono następujące zakładki:

- Kalendarz – tu istnieje możliwość zdefiniowania dowolnego zakresu dat oraz wprowadzenia informacji o dniach ustawowo wolnych od pracy, systemu pracy konkretnego zakładu (np. 5 czy 6 dniowy) itp.,
- Klienci – na tej zakładce można zdefiniować dowolnie długą listę potencjalnych klientów (na potrzeby testów

utworzono listę fikcyjnych klientów w ilości 377, dla których wylosowano adresy z całej Polski z weryfikacją ulic i kodów),

- Wyroby – tu podawana jest dowolnie długa lista identyfikatorów wyrobów (inne informacje na tym etapie nie są konieczne).

Zadaniem opracowanego algorytmu jest losowe (z uwzględnieniem wielu reguł i ograniczeń) generowanie rozkładu zamówień, które sprowadza się do losowania sprzedawanych wyrobów (przypisując odpowiedzi na następujące pytania: *jaki?*, *w jakiej ilości?*, *ko kupił?*) w każdym dniu roboczym. W wyniku powstają dane zapisane na dwóch kolejnych zakładkach:

- Zamówienia – zawiera takie dane jak: identyfikator zamówienia, identyfikator klienta oraz datę zamówienia,
- Pozycje zamówień – zawiera szczegóły poszczególnych pozycji, takie jak: numer kolejny pozycji w zamówieniu, identyfikator kupionego wyrobu oraz ilość zakupionych sztuk.

Do realizacji przedstawianego algorytmu należało zdefiniować szereg zmiennych parametrów, pogrupowanych jak podano poniżej:

1. Liczba dni roboczych i zakres dat:

- data rozpoczęcia produkcji – odczytywana z arkusza,
- data zakończenia produkcji – odczytywana z arkusza,
- liczba dni roboczych – obliczana na podstawie powyższych danych z uwzględnieniem zdefiniowanego kalendarza.

2. Zmienne dotyczące wyrobów:

- Liczba produkowanych wyrobów (asortyment):
 - maksymalna liczba produkowanych wyrobów – dana wejściowa,
 - wylosowany numer wyrobu (identyfikator) – generowana losowo w określonym zakresie,
- Lista identyfikatorów wyrobów, jako tablica wieloelementowa. Nazwy ID wyrobów nie są generowane kolejno, są więc różne, stąd ich przypisanie do tablicy. Pozwala to też wprowadzić procedurę gwarantującą niepowtarzanie się wyrobów na kolejnych pozycjach tego samego zamówienia.

3. Identyfikator klienta:

- Maksymalna liczba klientów – odczytywana z arkusza,
- Losowany identyfikator klienta (liczba),
- Generowany automatycznie klucz ID klienta (łańcuch znaków zgodny z zapisem w danej firmie).

4. Liczba zamówień dziennie:

- Maksymalna liczba zamówień dziennie – dana wejściowa,
- Wylosowana liczba zamówień dziennie,
- Licznik zamówień ogółem.

5. Identyfikator zamówienia:

- Losowany identyfikator zamówienia (liczba),

- Generowany automatycznie klucz ID zamówienia (łańcuch znaków zgodny z zapisem w danej firmie).
6. Liczba pozycji w zamówieniu:
- Maksymalna liczba pozycji na zamówieniu – dana wejściowa,
 - Wylosowana liczba pozycji na zamówieniu,
 - Licznik pozycji w zamówieniu,
 - Licznik wszystkich pozycji ogółem.
7. Identyfikator i numer pozycji:
- Numer pozycji = aktualny stan licznika pozycji,
 - Generowany automatycznie identyfikator pozycji.
8. Ilość sztuk zamówionego wyrobu w danej pozycji:
- Maksymalna ilość sztuk w pozycji: dana wejściowa,
 - Wylosowana ilość sztuk w pozycji.

3.2. Przykład wygenerowanych danych

Na potrzeby testu, dla przyjętego *Zakładu Mechanicznego*, wygenerowano dane przy następujących założeniach:

- Asortyment wyrobów (liczba różnych reduktorów): 38,
- Zakład pracuje 5 dni w tygodniu na jedną zmianę roboczą,
- Zakres dat: od 1.01.2008 do 23.08.2013,
- Ilość klientów: 377.

W wyniku generowania otrzymano w tym przedziale czasowym 8 891 zamówień o łącznej ilości pozycji 22 388. Fragment wygenerowanych danych przedstawia tabela 1.

4. Koncepcja relacyjnej bazy do analiz danych historycznych

Jak wspomniano we wstępie, do analiz danych historycznych najlepiej zastosować relacyjne bazy danych. Wynika to z możliwości dość szybkiego przetworzenia dużej ilości informacji. Ale pytanie kluczowe to: jakich informacji faktycznie potrzebujemy?

Aby odpowiedzieć na powyższe pytanie najpierw trzeba zdefiniować cel i sposób rozwiązania danego problemu. Najczęstszy schemat jest następujący: Klienci składają

Tabela: Zamówienia

ID_Zam	ID_Klient	Data Zam
ORD0001	CSTMR017	2008-01-02
ORD0002	CSTMR036	2008-01-02
ORD0003	CSTMR021	2008-01-02
ORD0004	CSTMR048	2008-01-02
ORD0005	CSTMR283	2008-01-02
ORD0006	CSTMR060	2008-01-02
ORD0007	CSTMR070	2008-01-02
ORD0008	CSTMR073	2008-01-02
ORD0009	CSTMR080	2008-01-02
ORD0010	CSTMR338	2008-01-02
ORD0011	CSTMR268	2008-01-02
ORD0012	CSTMR179	2008-01-02
ORD0013	CSTMR306	2008-01-03
ORD0014	CSTMR156	2008-01-03
ORD0015	CSTMR035	2008-01-03
ORD0016	CSTMR302	2008-01-03
ORD0017	CSTMR161	2008-01-04
ORD0018	CSTMR242	2008-01-04
ORD0019	CSTMR322	2008-01-04

Tabela: Pozycje zamówień

ID_Zam	ID_PZ	Nr_PZ	IDW	Ilosc
ORD0001	POS00001	ITEM01	RW1_13	5
ORD0001	POS00002	ITEM02	RSW_04	2
ORD0001	POS00003	ITEM03	RW2_01	9
ORD0001	POS00004	ITEM04	RSW_01	6
ORD0002	POS00005	ITEM01	RSW_04	2
ORD0002	POS00006	ITEM02	RS1_01	19
ORD0003	POS00007	ITEM01	RW1_01	16
ORD0004	POS00008	ITEM01	RS1_04	11
ORD0004	POS00009	ITEM02	RW2_03	20
ORD0004	POS00010	ITEM03	RW1_07	7
ORD0005	POS00011	ITEM01	RSW_04	1
ORD0005	POS00012	ITEM02	RW1_10	4
ORD0006	POS00013	ITEM01	RSW_01	8
ORD0006	POS00014	ITEM02	RW1_01	4
ORD0006	POS00015	ITEM03	RSW_03	18
ORD0006	POS00016	ITEM04	RS1_02	14
ORD0007	POS00017	ITEM01	RS1_03	10
ORD0007	POS00018	ITEM02	RW1_13	1
ORD0008	POS00019	ITEM01	RSW_01	12

Tab. 1. Fragment wygenerowanych danych dla dwóch tabel: zamówienia oraz pozycje zamówień

zamówienia. Zamówienia mogą obejmować kilka pozycji. Każda pozycja dotyczy zakupu konkretnego wyrobu w żądanej ilości. Sprzedawane wyroby mogą składać się z wielu części. Opis tego, z czego faktycznie składa się wyrób, zawiera specyfikacja (lista kompletacyjna, BOM).

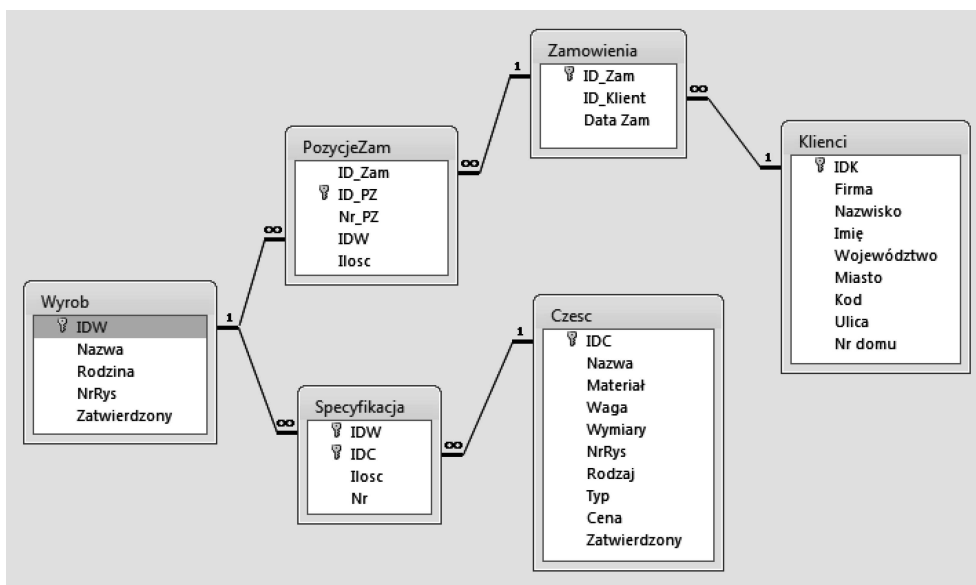
Na podstawie powyższego założenia opracowano prosty schemat relacyjnej bazy danych, który przedstawia rysunek 1. Bazę zaimplementowano i przetestowano w środowisku MS Access 2010.

Informacje wejściowe dla tak utworzonej bazy pochodzą z dwóch źródeł. Pierwszym są dane historyczne sprzedaży pozyskane z opisanego w punkcie 3.1. generatora (docelowo dane pobierane są z systemów informatycznych danej firmy). Dane te zostały zaimportowane i odpowiednio dopasowano typy danych. Drugim źródłem są dane dotyczące specyfikacji BOM wyrobów, które wprowadzono ręcznie za pomocą zbudowanego interfejsu użytkownika, którego przykład przedstawiono na rysunku 2.

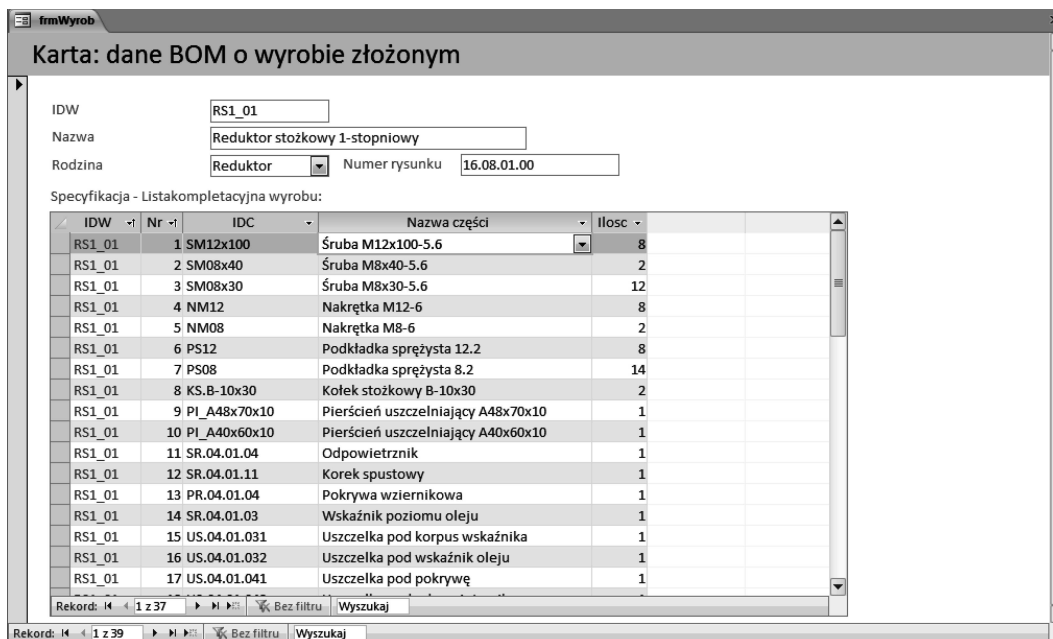
Podstawą działania takiej bazy nie jest jednak przedstawiona tu struktura danych, a kwerendy, których zadaniem jest przetwarzanie zgromadzonej informacji. W pierwszej kolejności utworzone zostały kwerendy składające informację o wyrobach (połączenie tabel: Wyrób, Specyfikacja, Czesc) i o zamówieniach (połączenie tabel: Klienci, Zamowienia, PozycjeZam, Wyrób). Kwerenda, przedstawiona poniżej w notacji SQL, dokonuje złączenia tabel i zbiorczo przedstawia dane dotyczące zamówień (wynik w tabeli 2). Kwerenda *qZamowienia* (SQL):

```

SELECT Zamowienia.ID_Zam, Zamowienia.Data_Zam,
Zamowienia.ID_Klient, PozycjeZam.Nr_PZ, PozycjeZam.IDW, Wyrób.Nazwa, PozycjeZam.Ilosc
FROM (Klienci INNER JOIN Zamowienia ON Klienci.IDK = Zamowienia.ID_Klient) INNER JOIN (Wyrób INNER JOIN PozycjeZam ON Wyrób.IDW = PozycjeZam.IDW) ON Zamowienia.ID_Zam = PozycjeZam.ID_Zam;
    
```



Rys. 1. Schemat logiczny bazy danych do analiz danych historycznych sprzedaży



Rys. 2. Interfejs do wprowadzania danych o wyrobach złożonym

ID_Zam	Data Zam	ID_Klient	Nr_PZ	IDW	Nazwa	Ilosc
ORD6460	2012-01-02	CSTMR160	ITEM04	RW1_13	Reduktor walcowy o zazębieniu wewnętrznym 1-st.	16
ORD6460	2012-01-02	CSTMR160	ITEM02	RW1_06	Reduktor walcowy 1-stopniowy	7
ORD6460	2012-01-02	CSTMR160	ITEM03	RW2_02	Reduktor walcowy 2-stopniowy	4
ORD6460	2012-01-02	CSTMR160	ITEM01	RW1_10	Reduktor walcowy 1-stopniowy	12
ORD6461	2012-01-02	CSTMR099	ITEM01	RS1_01	Reduktor stożkowy 1-stopniowy	17
ORD6461	2012-01-02	CSTMR099	ITEM02	RSW_03	Reduktor stożkowo-walcowy	20
ORD6461	2012-01-02	CSTMR099	ITEM03	RW2_01	Reduktor walcowy 2-stopniowy	4
ORD6462	2012-01-03	CSTMR372	ITEM02	RSW_02	Reduktor stożkowo-walcowy	8
ORD6462	2012-01-03	CSTMR372	ITEM01	RS1_02	Reduktor stożkowy 1-stopniowy	9
ORD6462	2012-01-03	CSTMR372	ITEM03	RS1_04	Reduktor stożkowy 1-stopniowy	13
ORD6463	2012-01-03	CSTMR213	ITEM01	RSW_04	Reduktor stożkowo-walcowy	20
ORD6463	2012-01-03	CSTMR213	ITEM02	RSW_03	Reduktor stożkowo-walcowy	10
ORD6463	2012-01-03	CSTMR213	ITEM04	RW1_06	Reduktor walcowy 1-stopniowy	8
ORD6463	2012-01-03	CSTMR213	ITEM03	RS1_02	Reduktor stożkowy 1-stopniowy	19
ORD6464	2012-01-03	CSTMR012	ITEM02	RS1_03	Reduktor stożkowy 1-stopniowy	13
ORD6464	2012-01-03	CSTMR012	ITEM03	RW2_02	Reduktor walcowy 2-stopniowy	12
ORD6464	2012-01-03	CSTMR012	ITEM01	RS1_02	Reduktor stożkowy 1-stopniowy	14
ORD6465	2012-01-03	CSTMR056	ITEM01	RSW_01	Reduktor stożkowo-walcowy	4
ORD6466	2012-01-03	CSTMR285	ITEM02	RSW_01	Reduktor stożkowo-walcowy	2

Tab. 2. Wynik realizacji kwerendy *qZamowienia* (fragment za rok 2012, całość zawiera 22 388 rekordy)

Następnie utworzono szereg kwerend pomocniczych obliczających: dla wyrobów ich zapotrzebowanie na poszczególne części, wagę całkowitą, cenę zakupu części netto itp., a dla zamówień: ile należy pobrać części do ich realizacji, jaka jest waga i koszt.

Kluczową sprawą jest przetworzenie dostępnych danych do postaci nadającej się do analiz na potrzeby klasyfikacji i sterowania zapasami. W tym celu należało wykonać następujące kroki:

- w wyniku połączenia informacji o wyrobach i częściach składowych otrzymano zapotrzebowanie na materiały składowe,
- pierwotnie zamówienia dotyczą zakupu wyrobów. Należy więc je połączyć z powyższą informacją w celu określenia ilości potrzebnych części do realizacji poszczególnych zamówień. W efekcie powstała kwerenda, która zawiera dane dotyczące zapotrzebowań materiałowych dla każdego zamówienia (w sumie 880 090 rekordów!).

Kwerenda *qZamowilleCzesci* (SQL):

```
SELECT qZamowienia.ID_Zam, qZamowienia.[Data Zam], qZamowienia.IDW, qZamowienia.Ilosc AS Sztuk, qWyroby.IDC, qWyroby.NazwaCzesci, qWyroby.Ilosc AS IloscCzesci, Sztuk*IloscCzesci AS SztukRazem
FROM qZamowienia INNER JOIN qWyroby ON qZamowienia.IDW = qWyroby.IDW
ORDER BY qZamowienia.ID_Zam;
```

- możliwa jest sytuacja, kiedy te same wyroby znajdują się na różnych zamówieniach w realizacji w tym samym dniu. Ponadto możliwe jest, że znajdują się identyczne części, przypisane do różnych wyrobów, w zamówieniach do realizacji w tym samym dniu. Konieczne jest więc zagregowanie tej informacji, za co odpowiada kolejna kwerenda. Jej wynikiem jest lista zagregowanych zapotrzebowań na materiały w poszczególnych dniach roboczych. Niestety możliwa jest sytuacja tzw. nieciągłego popytu, tzn. nie zawsze wszystkie części są wydawane do

ID_Zam	Data Zam	IDW	Sztuk	IDC	NazwaCzesci	IloscCzesci	SztukRazem
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	PI_A48x70x10	Pierścień uszczelniający A48x70x10	1	4
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	WS.05.02.03	Wał wyjściowy 05.02	1	4
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	SM16x130	Śruba M16x130-5.6	8	32
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	WP.05.02.02	Wał pośredni 05.02	1	4
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	PI_A30x40x7	Pierścień uszczelniający A30x40x7	1	4
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	SR.04.01.04	Odpowietrznik	1	4
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	SR.04.01.03	Wskaźnik poziomu oleju	1	4
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	KR.05.02.07	Korpus górny - pokrywa	1	4
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	KS.B-10x35	Kołek stożkowy B-10x35	2	8
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	NM16	Nakrętka M16-6	8	32
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	SM10x35	Śruba M10x35-5.6	24	96
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	SM08x30	Śruba M8x30-5.6	8	32
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	US.04.07.14	Uszczelka	2	8
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	PR.04.01.04	Pokrywa wziernikowa	1	4
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	SM10x45	Śruba M10x45-5.6	2	8
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	PS06	Podkładka sprężysta 6.1	8	32
ORD6460	2012-01-02	RW1_06	7	NM.04.06.14	Nakrętka - PN-GIL-150	1	7
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	NM10	Nakrętka M10-6	2	8
ORD6460	2012-01-02	RW2_02	4	KR.05.02.06	Korpus dolny 05.02	1	4

Tab. 3. Wynik kwerendy *qZamowilleCzesci* (fragment, za rok 2012 jest to 156 566 rekordów)

produkcji zamówionych wyrobów. Aby tego uniknąć, należy utworzyć kolejny poziom agregacji danych i skumulować wartości zużycia poszczególnych pozycji materiałowych, np. tygodniami oraz miesiącami. Jest to informacja wejściowa do dalszych analiz statystycznych. Te dane są właściwą podstawą do przeprowadzenia klasyfikacji zapasów oraz ewentualnego zastosowania wybranych metod sterowania zapasami. Tabela 4 przedstawia zagregowane zużycia materiałów według miesięcy (fragment, pierwszych kilkanaście pozycji z 234), tabela 5 dla tygodni (fragment, kilkanaście pozycji z 234 oraz tylko pierwszych 16 tygodni).

Analizując poszczególne pozycje materiałowe, zarówno w rozkładzie miesięcznym, jak i tygodniowym, można zauważyć, że analizowany popyt niezależny charakteryzuje się dużymi wahaniami. Wykres zmiennego zapotrzebowania Q [szt.] na pozycję materiałową SM.M6x15 w roku 2012 przedstawia rysunek 3.

5. Przykład zastosowania

Opracowana baza danych pozwala na wykonywanie analiz danych historycznych sprzedaży dowolnych wyrobów złożonych. Testy aplikacji przeprowadzono na opisanych wcześniej danych dla Zakładu Mechanicznego.

Po zaimportowaniu koniecznych danych można prowadzić, za pomocą specjalnie przygotowanych kwerend SQL, dalsze

analizy. Część z nich, jako ilustracje opisujące działanie kwerend, opisano w poprzednim punkcie. Teraz zostanie pokazana dalsza analiza zgromadzonych danych. Na potrzeby prezentacji wyników wybrano dane za rok 2012.

Dla doboru metody sterowania zapasem dla konkretnej pozycji materiałowej należy przeprowadzić analizę ABC/XYZ. W tym celu zostały opracowane kolejne kwerendy, wywoływane kaskadowo (tzn. źródłem danych kolejnych kwerend są również kwerendy, w wyniku czego powstaje sekwencja kwerend uruchamianych kolejno automatycznie). Pierwszą częścią jest analiza ABC. Wynik działania zbioru kwerend kaskadowych przedstawia tabela 6. Dla wszystkich pozycji materiałowych (identyfikowanych przez IDC) kwerendy obliczają automatycznie: Q – zagregowana ilość (suma) zużycia danej pozycji w roku 2012, C – średnia cena zakupu netto, W – wartość pozycji materiałowej liczona wg wzoru (1), TW – suma wartości wszystkich pozycji wg wzoru (2), R – procentowy udział wartości pozycji materiałowej wg wzoru (3), SR – skumulowany wskaźnik udziału procentowego wg wzoru (4). Dane następnie zostały posortowane wg kolumny R oraz podzielone na grupy z użyciem wartości granicznych $\alpha = 75\%$ oraz $\beta = 95\%$.

Dla opisywanego przykładu, w wyniku analizy ABC zaklasyfikowano: 51 pozycje do grupy A, 72 pozycje do grupy B oraz 111 pozycje do grupy C.

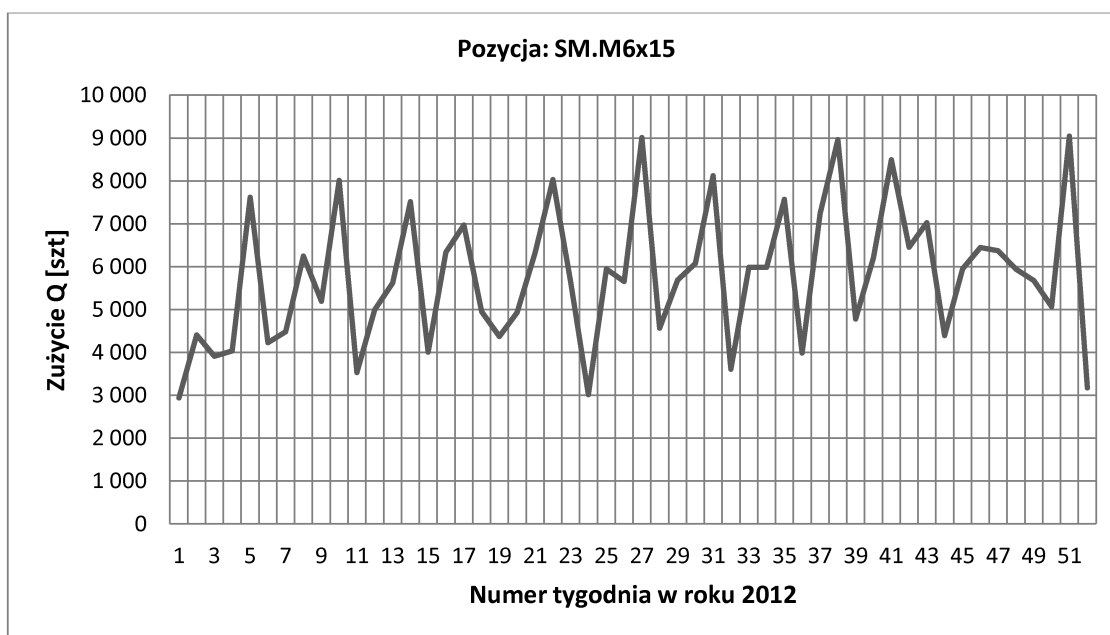
Kolejnym krokiem jest analiza XYZ. Jest ona wykonywana na zagregowanych zużyciach tygodniowych (pokazanych

IDC	Suma	sty	lut	mar	kwi	maj	cze	lip	sie	wrz	paź	lis	gru
PS10	330 812	17 304	27 035	27 088	32 485	26 930	26 382	32 412	26 845	28 263	31 011	29 101	25 956
PS06	323 486	18 938	24 804	25 948	29 108	27 040	24 708	31 226	28 654	27 674	32 458	28 746	24 182
PS08	300 748	16 401	24 091	22 207	26 601	24 846	21 469	29 351	26 788	26 386	32 210	25 460	24 938
SM.M6x15	300 692	17 708	23 092	24 392	26 456	25 440	21 800	29 044	27 560	24 964	30 976	26 296	22 964
PS12	246 298	15 470	18 044	19 822	22 668	21 686	18 204	22 664	21 046	20 218	26 488	22 034	17 954
SM08x30	134 285	7 406	10 994	10 882	12 085	11 156	10 103	12 808	11 744	12 564	13 154	11 454	9 935
NM12	130 160	8 068	9 874	10 432	11 174	11 362	10 416	11 956	11 512	10 634	14 488	11 404	8 840
PS16	122 002	6 306	10 490	8 852	11 276	10 462	8 578	11 490	10 510	10 144	11 934	10 494	11 466
SM12x100	121 360	7 604	9 412	9 740	11 232	10 032	10 320	10 752	10 244	10 540	12 800	10 852	7 832
SM10x30	117 022	7 778	8 281	12 022	11 081	8 874	11 430	10 822	9 391	10 319	10 921	10 761	5 342
SM10x35	108 036	4 150	10 212	8 244	11 840	9 092	7 902	10 866	8 250	9 380	8 400	9 642	10 058
SM08x40	97 778	6 332	7 262	7 122	9 352	8 674	6 502	8 188	9 142	8 406	10 842	7 978	7 978
PS_S235JR	85 479	4 907	6 693	6 475	7 364	7 199	5 807	8 232	7 729	7 000	9 563	7 595	6 915
SM8x45	69 930	2 460	5 460	3 990	5 850	5 190	4 890	8 700	6 330	5 400	8 610	5 490	7 560
SM12x40	69 462	4 912	4 918	4 932	6 890	7 022	4 222	5 740	6 036	5 544	7 510	5 518	6 218

Tab. 4. Zagregowane ilości zużycia materiałów dla roku 2012 w układzie miesięcznym

IDC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SM.M6x15	2 936	4 404	3 912	4 032	7 620	4 228	4 480	6 244	5 192	8 008	3 528	4 992	5 616	7 516	4 008	6 336
PR.04.01.04	387	612	525	547	1 002	590	598	883	737	1 070	469	701	753	1 053	552	870
SR.04.01.03	387	612	525	547	1 002	590	598	883	737	1 070	469	701	753	1 053	552	870
SR.04.01.11	359	585	490	535	948	539	577	838	672	1 006	437	654	695	996	526	787
PS12	2 732	3 956	3 442	3 122	5 942	2 886	3 600	5 250	4 826	6 640	2 324	4 144	4 472	5 830	3 678	5 774
KS.B-10x30	558	896	774	722	1 326	772	808	1 250	1 004	1 352	610	1 026	916	1 390	814	1 188
PS06	3 088	4 954	4 074	4 496	7 738	4 780	4 716	6 718	5 704	8 324	3 616	5 720	5 762	8 168	4 296	6 904
SR.04.01.04	371	535	483	480	975	565	548	843	700	979	438	644	707	998	541	840
US.04.01.031	371	535	483	480	975	565	548	843	700	979	438	644	707	998	541	840
US.04.01.032	371	535	483	480	975	565	548	843	700	979	438	644	707	998	541	840
US.04.01.041	371	535	483	480	975	565	548	843	700	979	438	644	707	998	541	840
US.04.01.042	371	535	483	480	975	565	548	843	700	979	438	644	707	998	541	840
US.04.01.12	371	535	483	480	975	565	548	843	700	979	438	644	707	998	541	840
WZ.08.01.01	212	282	266	198	469	269	275	437	325	416	241	318	297	451	317	395
NM12	1 248	2 268	1 850	1 798	2 490	2 000	2 110	3 086	2 220	3 236	1 206	2 178	2 684	3 520	1 704	2 348

Tab. 5. Zagregowane ilości zużycia materiałów dla roku 2012 w układzie tygodniowym



Rys. 3. Wykres zmienności zapotrzebowania na pozycję SM.M6x15 w roku 2012 w układzie tygodniowym

IDC	Nazwa	Q	C	W	TW	R	SR	Klasa
KZ.09.01.02	Koło zębate RS	18 346	205,00 zł	3 760 930,00 zł	63 312 524,08 zł	5,94%	5,94%	A
KZ_D258x56	Koło zębate D258x56 Z60	4 687	356,00 zł	1 668 572,00 zł	63 312 524,08 zł	2,64%	8,58%	A
WZ.08.01.01	Wał - zębnik RS	18 695	75,60 zł	1 413 342,00 zł	63 312 524,08 zł	2,23%	10,81%	A
KR.05.02.06	Korpus dolny 05.02	4 453	315,00 zł	1 402 695,00 zł	63 312 524,08 zł	2,22%	13,02%	A
LS_32009X	Łożysko stożkowe 32009X	42 180	32,30 zł	1 362 414,00 zł	63 312 524,08 zł	2,15%	15,18%	A
KR.09.04.06	Korpus dolny 09.04	2 331	528,00 zł	1 230 768,00 zł	63 312 524,08 zł	1,94%	17,12%	A
KR.09.05.07	Korpus dolny 09.05	2 235	547,00 zł	1 222 545,00 zł	63 312 524,08 zł	1,93%	19,05%	A
KR.09.03.06	Korpus dolny 09.03	2 310	525,00 zł	1 212 750,00 zł	63 312 524,08 zł	1,92%	20,97%	A
KR.09.01.08	Korpus dolny 09.01	2 253	515,00 zł	1 160 295,00 zł	63 312 524,08 zł	1,83%	22,80%	A
KR.05.02.07	Korpus górny - pokrywa	4 453	258,00 zł	1 148 874,00 zł	63 312 524,08 zł	1,81%	24,61%	A
KR.09.03.07	Korpus górny - pokrywa 09.03	2 310	485,00 zł	1 120 350,00 zł	63 312 524,08 zł	1,77%	26,38%	A
KR.09.05.08	Korpus górny - pokrywa 09.05	2 235	499,00 zł	1 115 265,00 zł	63 312 524,08 zł	1,76%	28,14%	A
KR.09.02.06	Korpus dolny 09.02	2 341	475,00 zł	1 111 975,00 zł	63 312 524,08 zł	1,76%	29,90%	A
WZ.09.01.02	Wał - zębnik pośredni RS	13 780	80,50 zł	1 109 290,00 zł	63 312 524,08 zł	1,75%	31,65%	A
KR.04.12.03	Korpus dolny i górny -pokrywa	4 770	231,00 zł	1 101 870,00 zł	63 312 524,08 zł	1,74%	33,39%	A

Tab. 6. Wynik analizy ABC dla roku 2012 – fragment, całość zawiera 234 pozycje materiałowe

w tabeli 5). Wynik działania zbioru kwerend kaskadowych przedstawia tabela 7. Dla wszystkich pozycji materiałowych (identyfikowanych przez IDC) kwerendy obliczają automatycznie: Q – zagregowaną ilość (suma) zużycia danej pozycji w roku 2012, AVG – średnie zużycie wg wzoru (5), SD – odchylenie standardowe wg wzoru (6), V – współczynnik zmienności wg wzoru (7). Dane następnie zostały posortowane wg kolumny V oraz podzielone na grupy z użyciem wartości granicznych $\alpha = 0,2$ oraz $\beta = 0,4$.

W analizowanym przykładzie przydzielono 88 pozycji do grupy Y oraz 146 pozycji do grupy Z. Żadna z pozycji nie została przypisana do grupy X, co oczywiście wynika z faktu zmiennego zapotrzebowania, które zostało opisane wcześniej i co obrazuje rysunek 3.

Efektom końcowym działania opisanego modułu jest utworzenie macierzy ABC/XYZ. Kolejna kwerenda zbiera powyższe informacje i tworzy wynik przedstawiony w tabeli 8.

Efektom końcowym jest więc zaklasyfikowanie do określonej grupy. Ostateczne ilości pozycji zakwalifikowanych do grup selekcyjnych przedstawia tabela 9.

6. Podsumowanie i wnioski

Opracowana koncepcja bazy danych została zaimplementowana i przetestowana z powodzeniem. Podstawowymi zaletami tego podejścia są prostota budowy, łatwość dostosowania do rozwiązania kolejnych zadań (wystarczy tylko odpowiednio przygotować i zaimportować dane) oraz szybkość uzyskiwanych wyników. Zastosowanie relacyjnej bazy jest lepsze od zastosowania aplikacji typu Excel, ponieważ w arkuszu każdorazowo trzeba sprawdzać poprawności formuł, natomiast w bazie dopisujemy tylko nowe rekordy i uruchamiamy ponownie odpowiednie kwerendy. Podejście to zastosowano w kilku praktycznych przypadkach w ramach umów z przemysłem oraz podczas realizacji studenckich prac dyplomowych. Efekty analiz w każdym z przypadków były zadowalające. Obszar zastosowań obejmował zakłady o profilu: produkcja opakowań z tworzyw sztucznych dla przemysłu kosmetycznego, produkcja stolarki okiennej, produkcja zabudów do samochodów ciężarowych, prace remontowe taboru kolejowego, produkcja mebli. W każdym z przypadków dostępne były dane w różnych

IDC	Q	AVG	SD	V	Klasa
SM.M6x15	300 692	5 782,5	1 592,0	0,275	Y
PR.04.01.04	41 185	792,0	218,6	0,276	Y
SR.04.01.03	41 185	792,0	218,6	0,276	Y
SR.04.01.11	38 785	745,9	207,5	0,278	Y
PS12	246 298	4 736,5	1 320,7	0,279	Y
KS.B-10x30	55 596	1 069,2	299,1	0,280	Y
PS06	323 486	6 220,9	1 757,3	0,282	Y
SR.04.01.04	39 022	750,4	212,6	0,283	Y
US.04.01.031	39 022	750,4	212,6	0,283	Y
US.04.01.032	39 022	750,4	212,6	0,283	Y
US.04.01.041	39 022	750,4	212,6	0,283	Y
US.04.01.042	39 022	750,4	212,6	0,283	Y
US.04.01.12	39 022	750,4	212,6	0,283	Y
WZ.08.01.01	18 695	359,5	102,4	0,285	Y
NM12	130 160	2 503,1	717,0	0,286	Y

Tab. 7. Wynik analizy XYZ dla roku 2012 – fragment, całość zawiera 234 pozycje materiałowe

IDC	Nazwa	Klasa1	Klasa2	GRUPA
KZ.04.06.02	Koło zębate	A	Y	AY
KZ.09.01.02	Koło zębate RS	A	Y	AY
LS.30314	łożysko stożkowe 30314	A	Y	AY
LS_32009X	łożysko stożkowe 32009X	A	Y	AY
LS_32011X	łożysko stożkowe 32011X	A	Y	AY
SM12x100	Śruba M12x100-5.6	A	Y	AY
SM16x130	Śruba M16x130-5.6	A	Y	AY
TA.04.10.11	Tarcza S235JR	A	Y	AY
TU_C35	Tuleja C35	A	Y	AY
US.04.01.031	Uszczelka pod korpus wskaźnika	A	Y	AY
US.04.01.041	Uszczelka pod pokrywę	A	Y	AY
US.04.07.14	Uszczelka	A	Y	AY
WS.08.01.02	Wał wyjściowy RS	A	Y	AY
WZ.04.06.01	Zębnik	A	Y	AY
WZ.08.01.01	Wał - zębnik RS	A	Y	AY
WZ.09.01.02	Wał - zębnik pośredni RS	A	Y	AY
KR.04.01.05	Korpus dolny	A	Z	AZ
KR.04.06.06	Korpus górny - porywa	A	Z	AZ
KR.04.12.03	Korpus dolny i górny -pokrywa	A	Z	AZ
KR.04.13.01	Korpus dolny 13.01	A	Z	AZ
KR.04.13.02	Korpus górny - pokrywa	A	Z	AZ
KR.05.01.06	Korpus górny - pokrywa 05.05	A	Z	AZ

Tab. 8. Wynik klasyfikacji pozycji materiałowych do grup ABC/XYZ dla roku 2012 (fragment)

Grupa	A	B	C
X	0	0	0
Y	16	34	38
Z	35	38	73

Tab. 9. Ostateczny wynik klasyfikacji ABC/XYZ podaje ilość pozycji materiałowych w danej grupie

formatach (najczęściej Excel, czasami Access lub eksportowane dane np. z systemu SAP do arkusza kalkulacyjnego). Opracowane metody naprawy danych oraz importu do własnej bazy pozwoliły zawsze na zastosowanie tego narzędzia. Przedstawiona baza jest tylko fragmentem (modułem) większego systemu, który jest nadal przez autora rozbudowywany. Planowana (lub już zrealizowana) funkcjonalność obejmuje: zastosowanie metod sterowania zapasami (metoda okresowa, metodami ciągła), planowanie potrzeb materiałowych MRP, planowanie krótkoterminowe z zastosowaniem reguł priorytetów, raportowanie z produkcji.

Literatura:

- [1] Aczer A., *Statystyka w zarządzaniu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
- [2] Buliński J., Waszkiewicz C., Buraczewski P., *Utilization of ABC/XYZ analysis in stock planning in the enterprise*. "Annals of Warsaw University of Life Sciences SGGW", Agriculture 61/2013, s. 89-96.
- [3] Cyplik P., Hadaś Ł., *Klasyfikacja asortymentów, czyli jak to się robi w przedsiębiorstwach MŚP?* „Logistyka” 2/2008, s. 85 (artykuł na CD).
- [4] Cyplik P., Krzyżaniak S., *Zapasy i magazynowanie*. Tom I. Wyd. Biblioteka Logistyka, Poznań 2008.
- [5] Gajdzik B., Kurp A., *Polityka zapasów w systemie obsługi infrastruktury produkcji na przykładzie elektrociepłowni – analiza ABC/XYZ*. „Gospodarka Materiałowa i Logistyka” 7/2012, s. 27-32.
- [6] Gołomska E., *Kompendium wiedzy o logistyce*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
- [7] Hadaś Ł., Klimarczyk G., *Koncepcja metodyki budowy systemu zarządzania zaopatrzeniem w przedsiębiorstwie montażowym o wysokim stopniu kustomizacji*. „Logistyka” 2/2010, s. 50-51 (artykuł na CD).
- [8] Jakowska-Suwalska K., Sojda A., Wolny M., *Wielokryterialne sterowanie zapasami jako element wspomagania planowania potrzeb materiałowych*. „Zarządzanie i Edukacja” 78/2011, s. 5-16.
- [9] Krawczyk S. (red.), *Logistyka, teoria i praktyka*. Tom II. Wydawnictwo Difin, Warszawa 2011.
- [10] Krystek J., *Analiza procesu magazynowania w magazynie wysokiego składowania*, [w:] Knosala R. (red.), *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*. Materiały konferencyjne. Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole 2011, s. 616-627.
- [11] Kurmaz L., Kurmaz O., *Podstawy konstruowania węzłów i części maszyn*. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2011.
- [12] Nowotyńska I., *Zastosowanie analizy XYZ w gospodarowaniu zapasami firmy*. „Logistyka” 5/2012, s. 153-157 (artykuł na CD).
- [13] Piasecki S., *Podstawy logistyki*. Tom I. Wydawnictwo WIT, Warszawa 2005.
- [14] Sarjusz-Wolski Z., *Sterowanie zapasami w przedsiębiorstwie*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2000.
- [15] Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012.
- [16] Ziółkowski J., Łada J., *Analiza ABC i XYZ w gospodarowaniu zapasami*. „Przedsiębiorczość i Zarządzanie”, tom XV, zeszyt 5/2014, s. 85-93.

THE APPLICATION OF DATABASE FOR SALE HISTORICAL DATA ANALYSIS FOR THE PURPOSE OF MATERIAL ITEMS CLASSIFICATION AND STOCK CONTROL

Key words:

Sale historical data analysis, ABC/XYZ classification of material items, database

Abstract:

The idea of database for sale historical data analysis is presented in this paper. General description of material items classification using ABC/XYZ methods is also included. The main idea was to create open tool to enable fast data analysis. As a result, the logic scheme was developed and also implementation in MS Access 2010. Presented module includes: set of needed tables, user interface and many SQL queries and VBA macros. The structure of developed database is ready to test on any example. For testing purpose, the virtual company was defined, which produce the mix of velocity reducers. Into database was entered data about 38 products and 234 items (materials, parts). Moreover, author developed special VBA procedure which allows to random generation of sale historical data. In this procedure is possible to define: the range of dates (including work system, holidays etc.), the number of customers, the number of products, customer order details etc. Using this procedure, the sale historical data was generated including 5.5 years from 2008 till 2013. Example data analysis of sale in 2012 is also presented. By the set of cascade SQL queries the following results are generated automatically (based on recorded customer orders): daily quantity aggregation of products and its parts usage, weekly and monthly quantity aggregation of material items (parts) usage, ABC classification, XYZ classification. The database was tested also on real examples from industry. The simply design, easy adaptability to other tasks, fast data processing are the most advantages of developed database.

Dr inż. Jacek HABEL

Politechnika Krakowska

Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji Produkcji

habel@mech.pk.edu.pl