

ANALIZA PROCESU MAGAZYNOWANIA W MAGAZYNIE WYSOKIEGO SKŁADOWANIA

Jolanta KRYSTEK

Streszczenie: Praca dotyczy wybranych aspektów gospodarki magazynowej. W artykule omówiono fazy procesu magazynowania z uwzględnieniem metod składowania towarów. Przedstawiono wspomagającą ten proces aplikację umożliwiającą przeprowadzanie symulacji procesu magazynowania w magazynie wysokiego składowania. Zaprezentowano wyniki przykładowego procesu w postaci czasu oczekiwania zleceń, zajętości magazynu i środków transportu przy zmiennych parametrach, dla różnych kryteriów obsługi zleceń, dostępności i szybkości środków transportowych, wielkości strefy składowania i jej podziałów.

Słowa kluczowe: proces magazynowania, strefy funkcjonalne, metoda ABC, metoda XYZ, kolejkovanie.

1. Wprowadzenie

Współczesny, konkurencyjny rynek wywiera presję na przedsiębiorstwa. Jednym ze sposobów podniesienia atrakcyjności rynkowej firm jest usprawnienie funkcjonowania procesów (również magazynowania). Ciągłe obniżanie kosztów, przyspieszanie procesów wymaga zmian w zakresie organizacji magazynu. Zmian tych oczywiście nie można dokonywać metodą prób i błędów, gdyż nietrafione decyzje mogłyby doprowadzić do poważnych strat i przestoju w pracy magazynu.

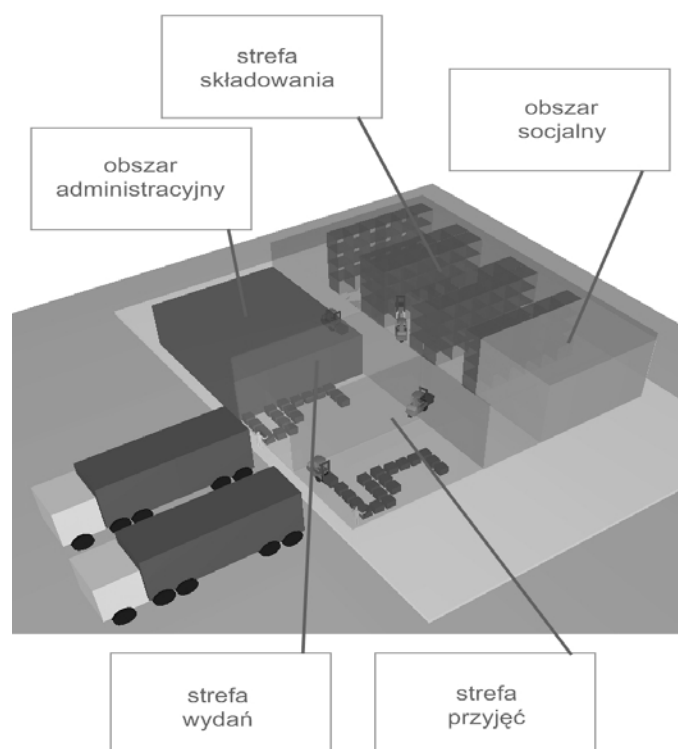
Zdając sobie sprawę ze złożoności procesów zachodzących podczas zarządzania i projektowania magazynów wysokiego składowania, należy wspierać gospodarkę magazynową poprzez wspomaganie jej systemami informatycznymi. Możliwości wykorzystywanego oprogramowania oraz jego funkcjonalności powinny wynikać z funkcji i charakteru konkretnego magazynu. Aby dobrze zaprojektować lub przeorganizować magazyn celowe jest przeprowadzenie symulacji procesu magazynowania, bazując na przewidywanych lub posiadanych bieżących danych wejściowych. Wyniki takich badań symulacyjnych są w stanie wskazać kierunek zmian w celu optymalizacji procesu przechowywania towarów.

W artykule przedstawiona zostanie aplikacja umożliwiająca przeprowadzenie symulacji procesu magazynowania w magazynie wysokiego składowania. W aplikacji uwzględniono różne kryteria obsługi zleceń, wielkości strefy składowania i jej podział na podstrefy, możliwości doboru liczby środków transportowych oraz dowolność zadeklarowanych zleceń przychodzących. Analiza zajętości środków transportu oraz zajętości magazynu obrazują prawidłowość doboru liczby środków transportu oraz wielkości strefy składowania dla wprowadzonych zleceń. Dodatkowo można określić czy magazyn o podanych parametrach jest w stanie obsłużyć wszystkie zlecenia w odpowiednim czasie oraz czy strefa składowania pozwoli pomieścić wszystkie przyjęte towary. Można również

zidentyfikować zaistnieć odwrotne sytuacje czyli nadmiar środków transportu lub miejsca w magazynie, które są niewskazane z uwagi na rosnące koszty eksploatacji magazynu.

2. Struktura i organizacja magazynu

Przeciętny proces magazynowania odbywa się wieloetapowo, a mianowicie: towar musi zostać przyjęty do magazynu, przechowany, a następnie skompletowany i wydany odbiorcy. Konieczne jest więc wyznaczenie obszarów funkcjonalnych w magazynie, nazywanych strefami, przeznaczonych do realizacji kolejnych etapów tego procesu (rys. 1):



Rys. 1. Obszary funkcjonalne magazynu [7]

- **strefa przyjęć** – wyodrębniony obszar przy rampach wylądowczych. W tym obszarze przeprowadzane są prace wylądunkowe jednostek towarowych ze środków transportu, sprawdzenie zgodności towaru z zadeklarowaną ilością i jakością oraz operacje związane z przyjęciem towarów do magazynu (segregowanie, sortowanie, przepakowywanie i oznakowanie dostawy zgodnie z ustaloną organizacją magazynu),
- **strefa składowania**, która jest największą częścią magazynu – jej rozmiar wynika z rodzaju przechowywanego towaru i technologii składowania. Strefa ta, w której umieszczone mogą być regały oraz drogi manipulacyjne występujące między nimi, zwykle podzielona jest na mniejsze podstrefy. W obszarach tych towary mogą być składowane krótko lub długoterminowo. Skutkuje to różną częstotliwością obsługi

podstref przez pracowników magazynu. Niezbędna jest jednak stała kontrola i zapewnienie odpowiednich warunków przechowywania towarów,

- **strefa kompletacji** – realizowane są w niej zadania dotyczące przygotowania zamówienia ściśle według zamówienia odbiorcy (przeformowanie i wybieranie materiałów według zamówień, przemieszczanie materiałów do wydania),
- **strefa wydań** – jest usytuowana jest w pobliżu ramp załadunkowych. W jej obszarze następuje wydanie towaru z magazynu, i zachodzą związane z tym zadaniem niezbędne prace załadunkowe w których wykorzystywane są środki transportu. Niejednokrotnie, strefa wydań połączona jest ze strefą przyjęć, spełnia wówczas oba zadania i zwana jest strefą przyjęć/wydań.

Poza wymienionymi strefami, elementami struktury wewnętrznej, związanymi z działaniem magazynów, są: obszar administracyjny, obszar socjalny, obszar postoju środków transportu, obszar ładowania akumulatorów, droga ewakuacyjna czy obszary ochrony przeciwpożarowej [7].

3. Działania zachodzące w procesie magazynowania

Działania operacyjne zachodzące w procesie magazynowania wykonywane są przez pracowników magazynu. Proces magazynowania, czyli przyjmowanie, składowanie, kompletacja i wydawanie towarów z magazynu składa się nie tylko z szeregu czynności operacyjnych związanych z przepływem towarów, ale również z przepływu informacji.

Cały cykl magazynowania początkuje działanie operacyjne zwane przyjęciem towaru od jego nadawcy. Towar do magazynu może być dostarczony przez dwa typy dostawców: dostawcę zewnętrznego (następuje wówczas przyjęcie zewnętrzne) oraz dostawcę wewnętrznego (w ramach przedsiębiorstwa). Podstawowe zadania w czasie przyjmowania towaru to: rozładunek, sortowanie, identyfikacja, kontrola ilościowa i jakościowa, przygotowanie towarów do składowania oraz przekazanie towaru do strefy składowania [1].

Rozładunek jest to operacja wymagająca wykorzystania posiadanych środków transportu wewnętrznego lub urządzeń przeładunkowych. Rodzaj posiadanego środka transportu oraz postać ładunku ma jednoznaczny wpływ na przebieg rozładunku.

Sortowanie jest to czynność mająca na celu utworzenie grupy artykułów. Często stosowany jest podział towaru ze względu na dostawcę, odbiorcę lub rodzaj asortymentu. Podstawowym kryterium tworzenia grup towarów jest jednak podobieństwo cech fizycznych lub wymaganych warunków przechowywania poszczególnych jednostek towarowych. Następuje podział towarów na grupy, które mogą trafić do różnych, oddzielonych od siebie części strefy składowania. Identyfikacja w dużym zakresie oparta jest na kodach kreskowych, co jest znacznym ułatwieniem gdyż oprócz rozpoznania nazwy towaru, do systemu informatycznego trafiają też informacje o producencie, terminie ważności, dacie produkcji, numerze serii czy ilości.

Po dokonaniu rozpoznania towaru przeprowadzona powinna być kontrola jakościowo /ilościowa. Należy sprawdzić zgodność asortymentu otrzymanego z zadeklarowanym w dokumentacji. Kontrola ilościowa polega na zmierzeniu, zważeniu lub przeliczeniu dostarczonych towarów. Jakościowa natomiast ogranicza się zwykle do sprawdzenia czy jednostki ładunkowe i ich zabezpieczenia nie są uszkodzone lub naruszone. Dopiero po pozytywnym zakończeniu weryfikacji towarów towary te zostają przyjęte i formalnie dodane do stanu magazynu.

Kolejnym krokiem procesu magazynowania towarów jest składowanie. Konieczne może być wcześniejsze przygotowanie towarów do tego etapu. Jednostki towarowe mogą

być za wysokie, niedostosowane do znormalizowanych form jednostek ładunkowych, oznakowane w inny sposób niż przewidziany przez system magazynu.

Pierwszą operacją wykonywaną przez pracownika strefy składowania jest odbiór towarów ze strefy przyjęć. Kolejnym działaniem jest operacja rozmieszczenia towarów w strefie składowania. Rozmieszczenie to jest uzależnione od wymogów co do warunków przechowywania, technologii składowania oraz typu jednostki ładunkowej. W większości wypadków wymiana dotyczy temperatury i wilgotności powietrza lub ograniczenia dostępu do składowanych towarów. W zależności od sposobu zagospodarowania magazynu, jednostki ładunkowe przechowywane są bezpośrednio na powierzchni do składowania lub w przestrzeni składowania z wykorzystaniem odpowiednich do tego celu urządzeń. Istnieje kilka rozwiązań przeprowadzenia procesu fizycznego ulokowania towarów w strefie składowania (np. metoda ABC czy XYZ). Personel magazynu może być w tym zakresie wspierany przez system informatyczny, który poprzez analizę rozmieszczenia towarów w magazynie, wskazuje najkrótszą drogę do lokalizacji wskazanej przez system.

Wykonanie zadania przydzielonego pracownikowi przez system powinno zostać przez niego potwierdzone, czyli odnotowane w systemie. Składowany towar pozostaje w miejscu jego przechowywania do czasu, gdy wystąpi na niego zapotrzebowanie i tę konkretną jednostkę ładunkową wskaże system do przekazania do kolejnej strefy. Pracownik ma za zadanie pobrać wskazaną jednostkę ładunkową ze strefy składowania i umieścić ją w miejscu, w którym towar jest odbierany.

Przekazanie towaru do strefy kompletacji występuje, jeżeli w magazynie jest wydzielona taka strefa. Zadaniem tej strefy jest złożenie z towarów jednostek spełniających zamówienie odbiorcy. W celu wypełnienia tego etapu procesu magazynowania podejmowane są kolejne kroki. Po pierwsze, w celu zagwarantowania najszybszego dostępu do towarów przygotowywane są jednostki ładunkowe dla potrzeb kompletacji. Kolejnym krokiem jest kompletacja zamówień, czyli grupowanie towaru według zamówień. Kontrola ilościowa stworzonej jednostki ładunkowej potwierdza poprawność kompletacji zamówień. Sprawdzona zostaje ilość towaru oraz jego rodzaj pod kątem zgodności z zamówieniem klienta. Po pozytywnym wyniku kontroli, przystępuje się do końcowego formowania, pakowania i oznaczenia jednostek ładunkowych. Procesowi kompletacji nie trzeba poddawać jednostek ładunkowych, które są wydawane z magazynu w takiej samej postaci, w jakiej zostały przyjęte.

W strefie wydań następuje wydawanie towarów z magazynu do konkretnego odbiorcy wraz z potwierdzeniem przez obie strony wydania towarów. Jest to ostatnia faza procesu magazynowania.

4. Analiza sposobów rozmieszczenia towarów

Chcąc omówić różnego rodzaju analizy rozmieszczenia towarów w magazynie należy wrócić do omawianej już strefy składowania. Każdej z faz magazynowania przydzielony jest pewien rozmiar powierzchni, a zarazem przestrzeni. Najważniejszą częścią magazynu pozostaje strefa przypisana fazie składowania, która jak i pozostałe, ma określoną wielkość. Wysokość składowania wynika ze sposobu składowania oraz wysokości hali magazynowej. Strefa składowania jest sumą przestrzeni składowej i przestrzeni manipulacyjnej. Przestrzeń składowa, nazywana inaczej przestrzenią główną, jest obszarem, w którym przechowywane są towary a w jej skład wchodzi powierzchnia zajmowana przez składowane towary i luzy manipulacyjne między nimi. Przestrzenią manipulacyjną zaś nazywamy obszar zajmowany przez drogi transportowe i manipulacyjne. Wydajne zagospodarowanie powierzchni strefy

składowania sprowadza się przeważnie do zastosowania regałów lub rozmieszczania towarów w stosach, tam gdzie użycie regałów jest zbyt kosztowne z uwagi, iż pozwalają na to właściwości fizyczne jednostek [4].

Pojemność strefy składowania opiera się na ujednoczonym elemencie w postaci modułu. Znając liczbę gniazd w kolumnie regału oraz ilość modułów w prosty sposób można obliczyć dostępną liczbę miejsc paletowych w magazynie. Magazyn zawiera wiele pół odkładczych, które przeznaczone są do przechowywania różnego rodzaju jednostek towarowych. W celu minimalizacji czasu dostępu do konkretnego towaru wskazane jest wykorzystanie metod lokalizacji jednostek ładunkowych. Z pomocą przychodzi w tym miejscu system informatyczny obsługujący magazyn. Sposób zakodowania lokalizacji jednostki ładunkowej jest umowny, najczęściej spotykanym jest czteroelementowy kod informujący o numerze regału następnie numerze kolumny i numerze półki i wreszcie miejscu paletowym.

5. Podstawowe metody klasyfikacji towarów

Przy rozlokowaniu towarów ze względu na typ asortymentu należy uwzględnić różnice w atrybutach fizycznych czy wymiarach gabarytowych [1]. Rozmieszczenie towarów należy poprzedzić analizą. Analiza ta może zostać przeprowadzona z uwagi na wartość zebranych towarów, przy której wyodrębniony zostanie zabezpieczony obszar przeznaczony dla towarów o wysokiej wartości. Towary można rozmieścić również zgodnie z częstotliwością ich pobrań i wydań. W tym przypadku przeprowadzana jest analiza ABC której dokonuje się w oparciu o dokumentację. Rezultat analizy można łączyć z kolejną metodą nazywaną metodą stałych i wolnych miejsc. Aby zapewnić przemyślane rozlokowanie towarów w strefie składowania, należy myśleć o przestrzeni magazynu a nie wyłącznie o powierzchni. Tak więc musimy uwzględnić dwie orientacje, jakimi są pion i poziom. Rozpatrując horyzontalne ułożenie jednostek towarowych względem siebie, urządzeń i dróg transportowych strefy składowania, musimy w szczególności zwrócić uwagę na częstotliwość pobrań konkretnych towarów. Towary o najczęstszym zapotrzebowaniu powinny znajdować się jak najbliżej głównej drogi transportowej a jednocześnie strefy wydań. Dzięki takiemu układowi uzyska się wzrost efektywności pracy magazynu poprzez skrócenie czasu kompletacji towarów.

Drugim wymiarem przestrzennym jest rozplanowanie lokalizacji towarów w pionie, czyli układ wertykalny. Składowanie jednostek ładunkowych na regałach w systemie zmechanizowanym, zależy od zastosowanego środka transportu wewnętrznego.

5.1. Klasyczna analiza ABC

Analiza ABC jest jednym z narzędzi, które służą do klasyfikacji towarów. Dzięki temu podziałowi możliwe jest stosowanie odmiennej polityki wobec różnych grup towarów. Polega ona na wydzieleniu analizowanego zbioru towarów według trzech grup, oznaczonych kolejno symbolami A, B i C. Grupa A stanowi grupę towarów posiadającą znaczny udział w obrocie całkowitym, standardowo przydzielono jej wartość 80% całej wartości przyjętego kryterium. Kolejną grupą jest grupa artykułów oznaczona literą B, która generuje kolejne 15% wartości kryterium. Ostatnią grupą, która generuje pozostały procent wartości cechy, jest grupa C. Zaskakującym może być fakt że zazwyczaj grupa A, generująca znaczną większość analizowanej cechy, ma zazwyczaj niewielki udział procentowy liczebności w odniesieniu do wszystkich rozpatrywanych pozycji. Zjawisko to

zwane jest regułą 80/20 i wynika z zasady Pareto, na której analiza ABC opiera swoją filozofię [5].

Analiza ABC umożliwia zatem skoncentrowanie się na tych typach towarów, których obroty zajmują wysokie miejsce w całkowitej wielkości obrotów przedsiębiorstwa. Klasyczny procentowy podział grup w analizie ABC przewidywał, że grupa A, czyli ta, która generuje 80% cechy, będzie stanowić 20% liczebności ogółu jednostek towarowych w magazynie, jak wiemy to założenie rzadko ma odzwierciedlenie w rzeczywistości. Towary w grupie B często zawierają się w przedziale od 20 do 50 procent, z grupy C natomiast od 30 do 60 procent. Oczywiście suma wartości wszystkich trzech grup zawsze musi wynosić 100%. Analiza ABC dokonuje podziału na grupy według jednego kryterium. Przy podziale na grupy względem wartości obrotu do jednej i tej samej grupy kwalifikowane są zarówno towary o małej wartości i dużym obrocie jak i towary o dużej wartości a małej rotacji. Oczywiście wydaje się odrębny sposób postępowania wobec tych dwóch przypadków. Niezbędnym jest uzupełnienie analizy ABC kolejną analizą oszacowującą towary z innego punktu widzenia, na przykład ilościowego.

5.2. Analiza ABC liczby pobrań i liczby wydań jednostek asortymentowych

Przy zarządzaniu towarami w magazynie przeważnie stosuje się dwa parametry pobrania i wydania jednostek towarowych. Metoda ABC liczby pobrań odnoszą się do liczby pobrań towarów z magazynu, dotyczą prac poświęconych kompletacji i przygotowania towarów do wydania z magazynu. Metoda ABC liczby wydań jednostek asortymentowych związana jest z liczbą wydanych sztuk towaru do klienta [2].

5.3. Analiza XYZ

Analiza XYZ pokazuje różnice między towarem magazynowanym a wykorzystywanym. Jej wyniki sortowane są w kolejności malejącej wartości i grupowane w kategorie X,Y,Z. Elementy z grupy X stanowią do 60% ich skumulowanej wartości, Y i Z odpowiednio do 30 10% wartości. Ta analiza daje natychmiastowe wyniki i pozwala stwierdzić, które produkty generują wysoki koszt magazynowania.

Pierwszą grupą X jest grupa pozwalająca na względnie wiarygodne prognozy zapotrzebowania, zapotrzebowanie na nie można łatwo przewidzieć. Są to materiały zużywane w dużych ilościach, zwykle regularnie. Elementy grupy Y stanowią towary „sezonowe”, na które zapotrzebowanie jest mniejsze, trudniej jest więc je przewidywać. Ostatnią grupą, oznaczoną Z, są towary wolno rotujące, używane bardzo nieregularnie i w małych ilościach i dlatego wielkość ich dostaw jest trudna do przewidzenia..

5.4. Dwukryterialna analiza ABC/XYZ

Analizę XYZ stosuje się często jako uzupełnienie nierozpatrujących wszystkich aspektów analiz ABC. Każda z tych analiz jest jednokryterialna, z połączenia tych dwóch typów analiz powstała analiza ABC/XYZ zwana również dwukryterialną. Realizacja kompletnej dwukryterialnej analizy umożliwia podział wszelkiego branego pod uwagę towaru magazynu na dziewięć grup [6]:

1. AX – towary o dużej wartości obrotu oraz dużym i równomiernym ilościowym zapotrzebowaniu,

2. BX – towary o średniej wartości obrotu oraz dużym i równomiernym ilościowym zapotrzebowaniu,
3. AX – towary o małej wartości obrotu, ale dużym i równomiernym ilościowym zapotrzebowaniu,
4. AY – towary o dużej wartości obrotu, a średnim ilościowym zapotrzebowaniu,
5. BY – towary o średniej wartości obrotu oraz średnim ilościowym zapotrzebowaniu,
6. CY – towary o małej wartości obrotu i średnim ilościowym zapotrzebowaniu,
7. AZ – towary o dużej wartości obrotu, ale niewielkim ilościowym zapotrzebowaniu,
8. BZ – towary o średniej wartości obrotu, a niewielkim ilościowym zapotrzebowaniu,
9. CZ – towary o małej wartości obrotu i niewielkim ilościowym zapotrzebowaniu.

5.5. Dwukryterialna metoda pobrań i wydań

Kolejną metodą rozważającą dwie cechy jest metoda dwukryterialna pobrań i wydań. Uzyskuje ona najbardziej wiarygodne wyniki podziału towarów na trzy grupy. Jest więc odpowiednia do zaplanowania podziału strefy składowania magazynu na obszary A, B oraz C i uwzględnia zarówno liczbę pobrań, jak i liczbę wydanych sztuk z asortymentu [2].

5.6. Metoda stałych i wolnych miejsc

Rozmieszczenie elementów metodą stałych miejsc składowania narzuca stałe przypisane miejsca dla konkretnego rodzaju towaru. Plusem takiego rozplanowania rozmieszczenia towarów w strefie ich składowania jest porządek w magazynie. Pracownik bez problemu może odnaleźć pożądaną towar, dzięki jasnej określonej z góry jego lokalizacji. Wadą takiego rozwiązania jest mało efektywne wykorzystanie zasobu magazynu.

Rozmieszczenie towaru metodą wolnych miejsc składowania zapewnia lepsze wykorzystanie przestrzeni strefy składowania. Wprowadza jednak pozorny bałagan, gdyż nie jest łatwo zlokalizować poszukiwanej jednostki. Pozorny, ponieważ z pomocą personelowi magazynu przychodzą dziś systemy informatyczne, w których jednym z zadań jest zbieranie i przechowywanie informacji o posiadanym towarze. Są one więc w stanie wskazać pracownikowi dokładną lokalizację wybranego towaru. Metoda ta pozwala na lepsze wykorzystanie przestrzeni magazynu. Wzrost efektywności wykorzystania miejsc składowania w magazynie szacuje się nawet na poziomie 20 do 25 procent.

6. Metody optymalizacji czasu przepływu towarów

W celu efektywniejszego rozplanowania towarów, należy właściwie opisać przepływ materiałów przez magazyn. Opisanie przepływu towarów przez magazyn musi odbyć się wykorzystując podstawowe dane o magazynie, czyli do dyspozycji pozostają nam wielkości czasu, przestrzeni, ilości towarów czy ich jakości.

Wydanie towarów z magazynu może być realizowane według różnych systemów obsługi towarów [7]. Procedury wyboru kolejności przy wydaniach i przyjęciach jednostek towarowych tworzą istotny element rozwiniętego zarządzania magazynem wysokiego składowania.

W procesie wydawania i przyjmowania jednostek ładunkowych należy pamiętać o stosowaniu pewnych reguł, określających kolejność obsługi oczekujących zleceń w magazynie. Stosowanie metod kolejności obsługi zleceń nie jest zależne od typu

składowanego towaru. Aby jednak metody te były użyteczne, powinny być przechowywane co najmniej dwie partie określonego typu asortymentu, różniące się od siebie dowolnym parametrem poddany ocenę. Podstawowymi kryteriami wyboru kolejności rozchodu zazwyczaj stosowane przy wydaniach i przyjęciach do magazynu, to:

- zasada FEFO (First Expired First Out – pierwsze traci ważność, pierwsze wyszło) ma zastosowanie wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z terminem ważności, czyli na przykład artykuły spożywcze, farmaceutyki itp. Stosuje się ją w przypadku, kiedy przechowywany asortyment cechuje się krótkim terminem ważności. Spośród jednostek ładunkowych tego samego towaru, wydawany jako pierwszy jest ten, którego termin ważności upłynie najwcześniej,
- zasada FIFO (First In First Out – pierwsze przyszło, pierwsze wyszło) zapewnia w pierwszej kolejności wydanie tej partii towaru, która została dostarczona do magazynu najwcześniej. Jest to najczęściej stosowana strategia, jako najbardziej naturalna. Niepożądane jest, aby dana partia towaru zalegała w magazynie zbyt długo. Zazwyczaj stosowana wszędzie tam, gdzie nie ma potrzeby stosowania FEFO,
- zasada LIFO (Last In First Out – ostatnie przyszło, pierwsze wyszło) opiera się na założeniu, że dostawa określonej partii towaru, która przyszła ostatnia, jest wydawana jako pierwsza. Stosowana jest ona rzadko, zazwyczaj, gdy skłania nas do tego strategia przychodowo - kosztowa oraz warunki inflacyjne.

W praktyce stosowane są również metody HIFO i LOFO:

- zasada HIFO (Highest In First Out – najdroższe przyszło, pierwsze wyszło), partia danego towaru, która została przyjęta do magazynu po cenie jednostkowej najwyższej dla tego towaru, wydawana powinna być w pierwszej kolejności,
- zasada LOFO (Lowest In First Out – najtańsze przyszło, pierwsze wyszło), opiera się na założeniu, że partia towaru, która została przyjęta do magazynu po cenie najniższej dla niego, wydawana powinna być jako pierwsza.

Opisane metody nie są niezmiennymi zasadami składowania towarów w magazynie. Praktyka wskazuje, iż zazwyczaj stosuje się więcej niż jedno z dostępnych kryteriów przy wyborze kolejności i lokalizacji zlecenia, przy czym mają one różne wagi. Opracowanie algorytmów realizujących powyższe kryteria jest zagadnieniem złożonym. Stosowanie omówionych zasad, zarówno podczas procesu składowania, jak i wydawania, może poprawić szybkość realizacji zleceń klienta, a co za tym idzie obniżyć koszty własne.

7. Aplikacja wspomagająca proces magazynowania

W aplikacji zostały zaimplementowane opisane metody optymalizacji czasu przepływu towarów oraz metody klasyfikacji towarów (metoda ABC i dwukryterialna metoda ABC/XYZ). Można przeprowadzać symulacje dla magazynu o dowolnej wielkości, maksymalnie piętnaście rodzajach towaru oraz liczbie środków transportowych w zakresie od 1 do 15. W aplikacji zaproponowano sześć różnych kryteriów pozwalających na wybór kolejności obsługi zleceń:

- priorytet zlecenia (wybierane są te zlecenia załadunku i rozładunku towaru, dla których wartość priorytetu jest maksymalna),
- zasoby w magazynie (dla każdego rodzaju towaru wyznaczana jest liczba wolnych miejsc dla zleceń załadunku oraz liczba dostępnych miejsc dla zleceń wyładunku),
- czas wykonania zlecenia (dla każdego dostępnego rodzaju towaru spośród dostępnych zleceń wyznaczane są: czasy wykonania zlecenia dla wszystkich

kombinacji załadunku towaru do każdego dostępnego gniazda w magazynie przez każdy wolny wózek oraz czasy wykonania zlecenia dla wszystkich kombinacji wyładunku towaru z każdego dostępnego gniazda w magazynie przez każdy wolny wózek),

- czas oczekiwania wózka (dla każdego z wózków wyznaczone są czasy oczekiwania, licząc od chwili zakończenia wykonywania ostatniego zlecenia),
- czas oczekiwania zlecenia (zlecenia załadunku i wyładunku towaru zostają posortowane pod względem daty zlecenia),
- liczba zleceń (wybierane są zlecenia załadunku lub wyładunku towaru).

Symulacja może być przeprowadzana dla więcej niż jednego kryterium a ich waga zależy od kolejności wyboru. Czas symulacji jest liczony od momentu nadejścia pierwszego zlecenia, a kończy się w momencie wykonania ostatniego zlecenia.

Układ analizowanego w programie magazynu jest układem workowym z wydzieloną strefą wydań, strefą pobrań oraz strefą składowania. Strefy wydań i pobrań sąsiadują ze sobą, spełniają jednak oddzielne funkcje i nie mogą zostać uznane za jedną strefę wydań/pobrań. Odległość a zarazem czas poruszania się pomiędzy tymi strefami jest wprowadzany przez użytkownika. Strefę składowania można podzielić na maksymalnie piętnaście podstref przewidzianych dla różnych rodzajów towarów. Zawiera ona identyczne, równoległe usytuowane regały. Użytkownik określa ich parametry (liczbę, wielkość – liczbę rzędów i pięter, liczbę stref) czasy dostępu do regałów, czas pracy środków transportu czy też ich prędkość. Założono, że po wykonaniu zlecenia przydzielonego dowolnemu wózkowi, wózek ten pozostaje w miejscu w którym wykonał zlecenie i czeka na przydzielenie kolejnego zlecenia.

Ponadto program uwzględnia wszystkie zmiany stanu miejsc w magazynie, obrazując częstotliwość rotacji towarów, ze względu na zajmowane miejsce w magazynie oraz historię wykonanych zleceń ze wszelkimi parametrami ich dotyczącymi [3].

Przykładowe dane wejściowe

Jako przykład wybrano niewielki magazyn zawierający strefę składową zawierającą 144 gniazda, rozmieszczone w 6 regałach. Każdy z regałów posiada 6 rzędów oraz 4 piętra.

Symulację przeprowadzono dla 330 zleceń obsługi różnego rodzaju jednostek towarowych, które wypełniają dwa dni czasu symulacji.

Przyjęto w przykładzie konkretne wartości umownych jednostek czasowych:

- czas dostępu do regału, jako wartość 10,
- czas dostępu do rzędu określający czas potrzebny do przebycia drogi pomiędzy sąsiadującymi rzędami, jako wartość 5,
- czas dostępu do piętra określający pokonanie odległości pomiędzy poszczególnymi piętrami, jako wartość 1,5,
- czas przeznaczony na manipulację towarem odkładanym lub pobieranym z gniazda, jako 3,
- czas zajmujący środkowi transportu na przebycie drogi pomiędzy strefami załadunku i wyładunku jako wartość 30.

W pierwszej kolejności przeprowadzono symulacje przy tym samym kryterium wyboru obsługi zleceń, dla różnej liczby środków transportu. Po analizie wyników ze względu na czas wykonania oraz zredukowanie kosztów obsługi, określono liczbę środków transportowych. W kolejnym kroku należy przeprowadzić symulacje dla różnych kryteriów wyboru obsługi zleceń, po czym porównane zostaną wyniki poszczególnych symulacji.

Wyznaczenie stref magazynu metodą dwukryterialną

Przeprowadzono dwukryterialną analizę ze względu na liczbę zleceń oraz ze względu na częstotliwość pojawiania się zleceń. Magazyn podzielono na strefy, zgodnie z wynikiem tej analizy: towary o największym obrocie to te o kodzie 5, 3 i 2, towar o średnim obrocie posiada kod 1, a towary wolnorotujące to towary z kodem 4 i 6. W takiej też kolejności zostały przydzielone im strefy w całej strefie składowania symulowanego magazynu w programie. Zgodnie z wynikiem analizy, jednostki ładunkowe o kodzie towaru 5, 3 i 1 należą do strefy A w programie określonej cyfrą „1”, towary o kodzie 1 do strefy B określonej cyfrą 2, towary 4 i 6 do strefy C określonej cyfrą 3. Jako rozmiary stref przyjęto obszary wprost proporcjonalne do liczby typów towarów.

Przyznanie priorytetów zleceń

Na potrzeby symulacji przyjęto iż zlecenia wyładunku towaru z magazynu powinny mieć pierwszeństwo, w celu jak najlepszej obsługi klienta, a zatem posiadają one wyższy priorytet. Kolejnym aspektem przyznawania priorytetów była wielkość obrotu konkretnymi towarami. W celu przyznania odpowiednich priorytetów wsparto się wynikami analizy dwukryterialnej ABC, która przeprowadzona została dla tego konkretnego przykładu. W efekcie przyznano:

- priorytet 1 dla zleceń wyładunku towarów figurujących w grupie A,
- priorytet 2 dla zleceń wyładunku towarów figurujących w grupie B,
- priorytet 3 dla zleceń wyładunku towarów figurujących w grupie C,
- priorytet 5 dla zleceń załadunku towarów figurujących w grupie A,
- priorytet 6 dla zleceń załadunku towarów figurujących w grupie B,
- priorytet 7 dla zleceń załadunku towarów figurujących w grupie C.

7.1. Badania symulacyjne - różna liczba środków transportu

Symulacje przeprowadzono dla zmiennej liczby środków transportu równej kolejno wartościom: 2, 5, 9, 10, 11, 12 i 15. Jako kryteria wyboru zleceń przyjęto, w hierarchii zgodnej z kolejnością: czas wykonania zlecenia, priorytet zlecenia, czas oczekiwania zlecenia, czas oczekiwania wózka,

Wyniki porównano ze względu na wartości maksymalnego czasu oczekiwania zlecenia, średniego czasu oczekiwania zlecenia, średniego czasu wykonania zlecenia (tabela 1).

Tab. 1. Wyniki symulacji dla zmiennej liczby środków transportu

Liczba środków transportu	Średni czas wykonania [u.j.cz.]	Średni czas oczekiwania [u.j.cz.]	Maksymalny czas oczekiwania [u.j.cz.]
2	47,30	328,75	1413
5	50,23	146,44	1291
9	60,62	45,09	641
10	61,81	32,08	396
11	61,08	22,41	368
12	61,99	16,41	210
15	60,13	7,36	197

7.2. Badania symulacyjne - różne kryteria wyboru zleceń

Symulacje przeprowadzono dla stałej liczby środków transportu wewnątrz magazynu równej 10, za każdym razem dla innego kryterium wyboru zleceń.

Wyniki porównano ze względu na wartości maksymalnego czasu oczekiwania zlecenia, średniego czasu oczekiwania zlecenia, średni czas wykonania zlecenia (tabela 2).

Tab. 2. Wyniki symulacji dla różnych kryteriów wyboru zleceń

Wybrane kryteria	Średni czas wykonania [u.j.cz.]	Średni czas oczekiwania [u.j.cz.]	Maksymalny czas oczekiwania [u.j.cz.]
Czas oczekiwania zlecenia	65,21	63,69	246,00
Czas wykonania zlecenia	61,11	32,62	357,00
Czas oczekiwania wózka	65,95	66,86	246,00
Liczba zleceń	69,22	96,26	610,00
Priorytet zlecenia	62,54	41,79	470,00
Zasoby w magazynie	65,95	66,86	246,00



Rys. 2. Wykresy Gantta zajętości wózków i magazynu

Analizując czas oczekiwania wykonanych zleceń, w szczególności tych dotyczących pobrań jednostek ładunkowych z magazynu, łatwiej można zauważyć sytuacje często

występujące w procesach magazynowania: oczekujące zlecenia zapotrzebowania na towar, którego brakuje w magazynie. W efekcie uwidacznia się potrzeba zwiększenia ilości asortymentu tego rodzaju. Dokładnie w ten sam sposób możliwe jest odnalezienie tych rodzajów asortymentów, dla których przewidziano za mało miejsca w magazynie.

8. Podsumowanie

W artykule opisano procesy zachodzące w magazynach, metody ich optymalizacji, metody klasyfikacji towarów oraz kryteria wyboru kolejności obsługi zleceń.

Procesy magazynowania na etapie projektowania lub usprawniania mogą być wspomagane narzędziami informatycznymi. Zaletami takich programów są:

- dokładne określenie możliwości magazynowych i logistycznych przedsiębiorstwa,
- monitorowanie poszczególnych zleceń, bieżąca analiza ilości i terminów dostaw,
- dokładne określanie kolejności wykonania zleceń,
- lepsze wykorzystanie posiadanej infrastruktury magazynu bez jego rozbudowy,
- szybsze reagowanie na zmiany zachodzące w otoczeniu.

Prawidłowe określenie parametrów i funkcjonalności magazynu może okazać się poważnym problemem. Wynika to z ogromnej roli, jaką pełni magazyn w łańcuchu dostaw. W przypadku nieefektywnej obsługi ładunków przez magazyn sparaliżowany może zostać cały łańcuch dostaw na skutek braku towaru, opóźnień. Aby więc magazyn nie stał się „wąskim gardłem” łańcucha dostaw, parametry poszczególnych stref magazynu muszą być zdefiniowane i precyzyjnie wyliczone.

Opisywana aplikacja charakteryzuje się dużą uniwersalnością, możliwy jest wybór przez użytkownika wielkości strefy składowania i jej podział na podstrefy, przypisanie do konkretnych stref dowolnych rodzajów jednostek towarowych oraz szczegółowa analiza przebiegu symulacji.

Praca finansowana z działalności statutowej Instytutu Automatyki Pol. Śląskiej w 2011r.

Literatura

1. Dudziński Z., Kizyn M.: Vademecum gospodarki magazynowej. ODDK, Gdańsk, 2002.
2. Gubała M., Popielas J.: Podstawy zarządzania magazynem w przykładach. Biblioteka logistyka, Poznań, 2002.
3. Jędroch T.: Symulator magazynu wysokiego składowania. Gliwice 2010, (pr. dypl. niepubl.).
4. Kaczmarek M., Korzeniowski A., Skowroński Z., Weselik A.: Zarządzanie gospodarką magazynową. PWE, Warszawa, 1997.
5. Korzeń Z.: Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania. Poznań, 1999.
6. Krzyżaniak S., Cyplik P.: Zapasy i Magazynowanie. Biblioteka logistyka, Poznań 2008.
7. Szalek B., Milewska B., Milewski D.: Problemy mikrologistyki. Szczecin, 1994.

Dr inż. Jolanta KRYSZEK
Zakład Inżynierii Systemów
Instytut Automatyki Politechniki Śląskiej
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 16
tel.: (0-32) 237 15 39
e-mail: jolanta.krystek@polsl.pl