

Adam Koliński  
Wyższa Szkoła Logistyki w Poznaniu

Jacek Zajęc  
Instytut Logistyki i Magazynowania w Poznaniu

# Analiza procesów magazynowania z wykorzystaniem notacji BPMN

## *Warehouse processes analysis using BPMN notation*

W artykule przedstawiono analizę procesów magazynowania z wykorzystaniem notacji BPMN w środowisku informatycznym iGrafx. Autorzy w przedstawiłi artykule opracowany model procesu magazynowania w magazynie dystrybucyjnym. Model jest wynikiem prac optymalizacyjnych na rzecz przedsiębiorstw, realizowanych w ramach działalności Instytutu Logistyki i Magazynowania oraz prac badawczych w Wyższej Szkole Logistyki. Przedstawiono również wyniki przeprowadzonych badań symulacyjnych dla następujących zmiennych: wariantowości w zmianowości pracy, rozdziału godzin pracy w zakresie obsługi dostaw i wydań oraz odpowiedniego przydziału niezbędnych zasobów do realizacji procesów. Weryfikacja symulacyjna tych wariantów pozwala stwierdzić, że opracowany model procesu magazynowania jest uniwersalny i możliwy do implementacji w praktyce biznesowej do przeprowadzenia analiz efektywności procesów magazynowych.

### **Słowa kluczowe:**

proces, organizacja, zmienowość, notacja BPMN, program iGrafx, analiza wielokryterialna..

The paper presents an analysis of warehouse processes using BPMN notations in the iGrafx IT environment. The authors of the article presented the developed model of the warehousing process in the distribution warehouse. The model is the result of optimisation works for enterprises carried out within the framework of the activities of the Institute of Logistics and Warehousing and research works at the Poznan School of Logistics. The results of the simulation studies were also presented for the following variables: variance in work shifts, division of working hours in the scope of delivery and issue service and appropriate allocation of necessary resources to implement the processes. Simulation verification of these variants allows to state that the developed model of the warehouse process is universal and can be implemented in business practice for the purpose of conducting analyses of the warehouse process efficiency.

### **Key words:**

process, organization, changeability, BPMN notation, iGrafx program, multi-criteria analysis.

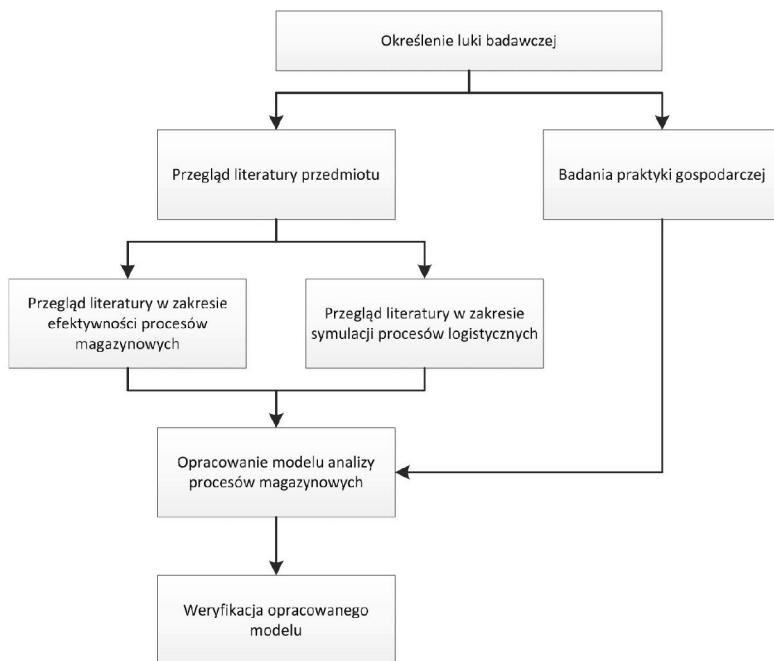
## Wstęp

Sprawność procesów magazynowych ma duży wpływ na wydajność systemów dystrybucji, od których obecnie wymagana jest terminowość, kompletność, zgodność oraz odpowiednia jakość dostaw. Proces magazynowania obejmuje działania operacyjne związane ze składowaniem towaru oraz wszelkie działania manipulacyjne wykonywane zgodnie z określonymi warunkami organizacyjnymi i technologicznymi. Działania manipulacyjne zawierają przepływ dóbr materiałowych (przyjmowanie, przemieszczanie wewnątrz magazynu, wydawanie) oraz gromadzenie i przetwarzanie towarów (kompletowanie, konserwacja). Oprócz działań manipulacyjnych proces magazynowania zawiera także działania obejmujące przepływ in-

formacji. Szczególnie na poziomie procesów magazynowych widoczna jest tendencja do ustawicznego poprawiania istniejących procesów w celach optymalizacyjnych. Wymagania te zmuszają przedsiębiorstwa do wdrażania coraz bardziej efektywnych procesów z wykorzystaniem rozwiązań organizacyjnych i technologicznych.

## Metodologia badań

Prezentowane w niniejszym artykule badania zawierają zarówno przegląd literatury przedmiotu, jak również uwzględniają praktyczne aspekty realizacji procesów magazynowych w łańcuchach dostaw. Z tego względu prowadzone analizy są



Źródło: opracowanie własne.

wynikiem prac badawczych, dotyczących wpływu magazynowania na efektywność procesów dystrybucji oraz obserwacji praktyki gospodarczej, zasilał opracowany model w rzetelne dane do weryfikacji. Na rysunku 1 przedstawiono logikę prowadzonych prac badawczych w tym zakresie.

Zastosowanie metody studium przypadku pozwala na odkrycie stanu badanego zjawiska, który wyniki badań ilościowych mogą jedynie sugerować. Studium przypadku w porównaniu z innymi metodami badawczymi oferuje bardziej szeroki zakres technik i narzędzi pozyskiwania oraz analizy danych. Źródłem danych mogą być obserwacje, wywiady, dane i dokumenty z przedsiębiorstw, artykuły prasowe, ankiety. Liczne możliwości uzyskania danych powodują, że metoda studium przypadków nie jest metodologicznie ograniczona w aspekcie analizy danych (Wójcik, 2013, s. 18). Studium przypadku należy traktować jako pojedynczy i ograniczony proces badawczy, który ma na celu szczegółową analizę wykorzystującą wiele technik badawczych przez długi czas (Maylor, Blackmon, 2005, s. 243). W literaturze przedmiotu dotyczącej możliwości weryfikacji modeli za pomocą studiów przypadku można znaleźć różne poglądy dotyczące liczby przeprowadzonych wariantów, jakie należy przeanalizować, aby wnioski z badania miały charakter naukowy. Dominujący pogląd sugeruje przeprowadzenie od czterech do dziesięciu studiów przypadku (Eisen-

hardt, Grabner, 2007; Yin, 2009; Wójcik 2013). Uwzględniając specyfikę efektywności procesu magazynowania, autorzy uznali, że przeprowadzenie analizy symulacyjnej dla minimum czterech wariantów studium przypadku będzie umożliwiać weryfikację opracowanego modelu.

W artykule zostały opisane badania procesu magazynowania w przedsiębiorstwie dystrybucyjnym poprzez wdrażanie rozwiązań organizacyjnych. Rozwiązania organizacyjne polegały na wariantowości w zmianowości pracy, rozdziale godzin pracy w zakresie obsługi dostaw i wydań oraz odpowiednim przydziale niezbędnych zasobów do realizacji procesów. Głównymi kryteriami dla wyboru najbardziej efektywnego procesu były:

- obsługa założonych przepływów towarowych w ciągu 1 doby,
- wskaźniki wykorzystania zasobów ludzkich na poziomie 80%,
- najniższy koszt obsługi procesów.

### Specyfika efektywności procesów magazynowych

Specyfika procesów magazynowych powoduje konieczność koncentracji na tych czynnikach, które mają kluczowy wpływ na ciągłość przepływu materiałów w całym logistycznym łańcuchu do-

Tabela 1

Cele i zadania efektywnego zarządzania magazynem

Cele	Zadania
Maksymalizacja wykorzystania przestrzeni składowania, osiągana poprzez odpowiednie działania w zakresie projektowania, budowy i uruchamiania magazynu oraz reagowanie na bieżące zmiany.	Zapewnienie dostępności odpowiednich środków technicznych i zasobów osobowych dla osiągnięcia planowanego poziomu działalności — możliwe tylko przy ścisłym współdziałaniu z kierownictwem przedsiębiorstwa. Zapewnienie strumienia przepływu towarów odpowiadającego wymaganiom dotyczącym dostaw i wysyłek — wymaga współpracy magazynu z działami zaopatrzenia i sprzedaży.
Minimalizacja stosowania operacji manipulacyjnych — w pierwszym kroku eliminuje się operacje zbędne, a w drugim dąży do skrócenia czasu wykonywania czynności niezbędnych.	Stale planowanie, kontrolowanie i utrzymywanie wykorzystania wszystkich posiadanych zasobów dokonywane jest na poziomie operacyjnym i może być oparte na planach produkcji i zamówieniach złożonych u dostawców (w przypadku magazynu zaopatrzenia) lub planach sprzedaży i zamówieniach od odbiorców (magazyn dystrybucyjny). Nieustanne monitorowanie, ocena i doskonalenie procesu magazynowania według ustalonych kryteriów powinno opierać się na wybranych wskaźnikach i miernikach odzwierciedlających przebieg procesu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Niemczyk, 2010, s. 248–251.

staw. W badaniach naukowych dotyczących zarządzania logistyką można znaleźć wiele czynników — procesów i zasobów, wpływających na całość procesu magazynowania. Należy zatem stwierdzić, że zarządzanie magazynem powinno koncentrować się na sposobach poprawy efektywności procesów zarówno wewnętrznego, jak i zewnętrznego łańcucha dostaw oraz ciągłego nadzorowania i oceniania uzyskanych rezultatów. Problemem badawczym zidentyfikowanym w trakcie badań literaturowych oraz obserwacji w przedsiębiorstwach jest przeprowadzenie oceny efektywności procesu magazynowego, uwzględniającej wielowymiarową analizę zależności zachodzących wewnątrz procesu, jak również powiązań z innymi procesami, mającymi wpływ na ciągłość przepływu materiałów.

Efektywność procesów magazynowania jest zagadnieniem bardzo ważnym z punktu widzenia organizacji procesów zachodzących w przedsiębiorstwie oraz w łańcuchu dostaw. Podnoszenie efektywności jest zatem ważnym czynnikiem działań controllingowych.

Należy jednak zauważyć, że pomimo licznych odniesień literaturowych odnośnie do efektywności, w praktyce gospodarczej analiza efektywności nie jest stosowana w stopniu gwarantującym skuteczne wspomaganie procesów decyzyjnych zachodzących w przedsiębiorstwie. Badania przeprowadzone w zakresie identyfikacji trudności w przeprowadzeniu kompleksowej analizy efektywności procesów potwierdzają niski stopień wykorzystania tych narzędzi analitycznych w praktyce gospodarczej (Kolińska, Koliński, 2013). Należy zauważyć, że prawie połowa badanych przedsiębiorstw nie wykonuje takich analiz lub nie jest

tego świadoma. Należy uznać to za wynik niedowalający i potwierdzający ogólnie panującą opinię, że analiza efektywności jest procesem skomplikowanym i trudnym do wykorzystania w praktyce, szczególnie ze względu na brak uniwersalnych narzędzi analitycznych wspierających jej wykonanie. Wyniki jednak świadczą również o wzroście świadomości konieczności wykonywania analiz efektywnościowych w celu poprawy pozycji konkurencyjnej na rynku.

Analiza literatury przedmiotu wskazuje na brak jednoznacznej metody analitycznej, uwzględniającej kompleksową analizę efektywności procesów magazynowych zarówno w aspekcie finansowym, jak również techniczno-organizacyjnym wraz z występującymi wzajemnymi powiązaniem oraz sprzężeniami zwrotnymi.

Analizując proces magazynowy w aspekcie efektywności, należy określić cele i zadania efektywnego zarządzania magazynem, które przedstawiono na tabeli 1.

Przyznając słuszność tezie, że zarządzanie magazynem ma istotny wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstwa, oczywiste jest, iż trzeba dążyć do ciągłej poprawy funkcjonowania magazynu. Do najważniejszych czynników wpływających na zwiększenie wydajności funkcjonowania magazynu należą (Niemczyk, 2010, s. 252–253):

- dostosowanie przepływu do zdolności przepustowej magazynu — za punkt wyjścia należy przyjąć określenie zdolności przepustowej magazynu. W oparciu o nią, współpracując z innymi działami przedsiębiorstwa, należy tak ustalać harmonogram dostaw i wysyłek, aby uniknąć spiętrzenia prac w ciągu dnia i nadmiaru jednostek ładunkowych przepływających przez magazyn;

- wykorzystanie przestrzeni składowania — dotyczy efektywnego zagospodarowania dostępnej wysokości strefy składowania;
- racjonalizacja dróg pokonywanych przez pracowników i towar — czynnik ten ma największe znaczenie w przypadku procesu kompletacji. Poza tym należy dążyć do eliminacji lub skracania dróg przebytych przez pracowników bez towaru;
- wykorzystanie personelu — analizując ten czynnik, należy zwrócić uwagę na trzy kryteria: obciążenia pracowników w czasie, posiadane przez nich kompetencje i uprawnienia oraz stałość zatrudnienia;
- efektywny obieg informacji, który wywiera kluczowy wpływ na realizację wszystkich faz procesu magazynowania. Każde zakłócenie w przepływie informacji (szczególnie w fazie kompletacji i wydawania) może skutkować opóźnieniami w realizacji zamówień.

Obok przedstawionych powyżej czynników organizacyjnych, efektywność procesów magazynowych zależy również od:

- nowoczesnego wyposażenia magazynu,
- stosowania nowoczesnych technologii,
- stopnia wykorzystania automatycznej identyfikacji opartej na kodach kreskowych lub na systemie EPC/RFID,
- wykorzystania systemów informatycznych wspomagających zarządzanie magazynem (WMS).

Dokonując szczegółowej analizy procesu magazynowania w aspekcie efektywności operacyjnej, należy przeprowadzić ocenę (Śliwczyński, 2011, s. 139):

- efektywności zasobów magazynowych oraz poziomu ich wykorzystania,
- sprawności, wydajności i niezawodności operacji magazynowych,
- czasu obsługi ładunku od momentu przyjęcia do momentu wydania oraz przepustowości magazynu, uwzględniającą przestoje, kolejki i wąskie gardła w przepływie ładunków.

Przedstawione rozważania jedynie potwierdzają nie tylko złożoność, ale także aktualność problematyki oceny efektywności procesów magazynowych zarówno w literaturze przedmiotu, jak również w praktyce gospodarczej.

## Zastosowanie symulacji do optymalizacji procesów logistycznych

Jedną z najczęściej stosowanych metodyk odzorowania procesów biznesowych jest metodyka oparta na modelu referencyjnym SCOR (ang.

*Supply Chain Operations Reference Model*). Należy zwrócić uwagę, że konieczność wymiany danych operacyjnych procesu, z uwzględnieniem podziału na operacje i transakcje oraz zdarzenia inicjujące, dokumenty i raporty wyjściowe, stanowi podstawę zymiarowania i operacyjnego przygotowania procesów zgodnie z koncepcją BPMN (Śliwczyński, 2005).

**Notacja BPMN** (ang. *Business Process Model and Notation*) jest graficzną notacją służącą do opisywania procesów biznesowych. Powstała w ramach Business Process Management Initiative, obecnie jest utrzymywana przez konsorcjum Object Management Group. Aktualna wersja standardu to 2.0. We wcześniejszych wersjach nazwa BPMN była rozwijana jako *Business Process Modelling Notation*. Dużą zaletą tej notacji jest jej jednoznaczność, przydatność zarówno do opisów procesów na potrzeby oprogramowania klasy ERP, jak i Workflow oraz to, że wspiera ją ponad 70 narzędzi.

Z produktów obecnych na polskim rynku notację tę obsługują m.in. narzędzia iGrafx, ADONIS, Borland i IBM. Jednym z najczęściej wykorzystywanych narzędzi symulacyjnych w przedsiębiorstwach jest iGrafx Process. Środowisko informatyczne iGrafx Process umożliwia edytowanie rozbudowanych schematów procesów w celu ich przejrzystego zaprezentowania oraz zrozumiałego przeprowadzenia symulacji w późniejszym czasie.

Zarówno w literaturze przedmiotu, jak również w praktyce gospodarczej można spotkać liczne sposoby odzwierciedlania procesów zachodzących w przedsiębiorstwach w celach analitycznych. Metody symulacyjne uwzględniają wpływ czasu oraz zmienność parametrów sterujących, z tego względu wydają się właściwe do prezentacji dynamiki procesów (Pawlewski, 2010, s. 59). Umożliwiają analizę wpływu wielkości i intensywności przepływu materiałów (części, komponentów) na rozkład obciążenia w systemach magazynowych, analizę ograniczeń (w tym wąskich gardeł), poziomy krytyczny przepływ dla kolejek i przestojów w magazynie, a także wpływ na charakterystykę pracy urządzeń magazynowych (diagnostyka).

Przeprowadzenie symulacji umożliwia analizę procesu pod względem różnych wariantów, które są weryfikowane w sposób wirtualny, a więc w sposób niewpływający na działalność procesu w czasie rzeczywistym. Jednak opierając się na dobrze opracowanych parametrach sterujących, zgodnych ze stanem faktycznym, można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że analizowany wariant procesowy ma szansę być zrealizowany w rzeczywistości gospodarczej. Każda symulacja wymaga określenia podstawowych zasad (Dullinger, 2009, s. 3):

- w przypadku złożonych procesów poddawanych symulacji konieczne jest odpowiednie dobranie narzędzia symulacyjnego i szczegółowe modelowanie parametrów analizowanego procesu i systemu, w którym funkcjonuje, zdefiniowanie danych wejściowych oraz określenie celu;
- w przypadku elastycznych procesów poddawanych symulacji konieczna jest częsta zmiana wartości parametrów sterujących;
- opieranie analizy o średnie wartości parametrów niesie za sobą ryzyko błędnych interpretacji;
- symulacja musi być przeprowadzona w odpowiednim czasie, aby osiągnąć jak największe korzyści.

Procedura projektowania modelu symulacyjnego obejmuje następujące etapy (Rodawski, 2006, s. 6):

- identyfikacja obiektu poddawaneemu symulacji, za pomocą jednego z dwóch podejść: odgórnego (*top-down*), w którym główny proces podlega uszczegółowieniu na podprocesy i działania; oddolnego (*bottom-up*), które rozpoczyna się od zdefiniowania wszystkich działań, by w następnym etapie pogrupować je w podprocesy i procesy główne;
- opracowanie diagramów procesu poddawaneemu symulacji za pomocą narzędzi informatycznych (liczba poziomów hierarchii zależy od szczegółowości analizowanego procesu);
- gromadzenie danych wejściowych oraz parametrów, a następnie wprowadzenie ich do modelu symulacyjnego;
- walidacja modelu, sprowadzająca się do porównania zachowania modelu symulacyjnego z rzeczywistym zachowaniem się danego systemu.

Symulacja jest jedną z metod ilościowej analizy problemów decyzyjnych, której główną zaletą jest możliwość oceny rozwiązań bez konieczności ich wdrażania w rzeczywistości rynkowej (Sarjusz-Wolski, 1998, s. 131). Informatyczne wspomaganie analiz i oceny efektywności procesów logistycznych w przedsiębiorstwach logistycznych jest uzależnione od rzetelności danych wejściowych, pochodzących z systemów informatycznych (Koliński, Kolińska, 2012, s. 85). Specyfika procesu magazynowania powoduje, że symulacja komputerowa znajduje szerokie zastosowanie. Zgodnie z analizą przeprowadzoną przez P. Pawlewskiego (Pawlewski, 2010) należy stwierdzić, że wybór środowiska informatycznego używanego podczas symulacji procesów zależy od złożoności analizowanego problemu. Bardzo częstym rozwiązaniem jest zastosowanie do symulacji arkuszy kalkulacyjnych, które jednak mogą być stosowane jedynie w przypadku prostych symulacji, niewymaga-

jących graficznego zobrazowania realizacji procesu. Specjalistyczne programy symulacyjne umożliwiają wykonanie symulacji w szerokim zakresie analitycznym i często wymagają programowania dedykowanych makrodefinicji. Złożoność procesu magazynowania powoduje, że budowa modeli symulacyjnych jest czasochłonna i podatna na błędy. W literaturze przedmiotu można znaleźć jednak liczne analizy empiryczne, z wykorzystaniem symulacji, które dotyczą zarówno całego procesu (Kłosowski, 2011), jak również jedynie jego wybranej, bardzo często skomplikowanej części (Denkena, Henjes, Henning, 2011). Można również znaleźć liczne odniesienia literaturowe do analiz symulacyjnych procesów o różnej specyfice i w różnym aspekcie, dotyczące:

- analizy finansowej opłacalności przebiegu procesu logistycznego oraz przewidywania potencjalnie uzyskanych efektów (Meade, Kumar, Houshyar, 2006),
- analizy optymalizacyjnej, mającej na celu redukcję zużycia zasobów (Zhang, Li, 2004),
- analizy wyników operacyjnych realizacji procesu logistycznego oraz mapowania strumienia wartości (Abdulmalek, Rajgopal, 2007).

Możliwości symulacji procesów mają znaczący wpływ nie tylko na realizację procesów magazynowych, ale również logistycznych w całym łańcuchu dostaw. Integracja procesowa łańcucha dostaw oraz identyfikacja powiązań przyczynowo-skutkowych i sprzężeń zwrotnych jest coraz częściej opisywana w literaturze naukowej (Fanti, Iacobellis, Ukovich, Boschian, Georgoulas, Stylios 2015; Blöchl, Schneider, 2016; Trojanowska, Varela, Machado, 2017; Hadaś, Cyplik, Adamczak, Domański, 2015). Świadczy to o wzroście zainteresowania procedurami symulacyjnymi jako transparentnymi metodami badawczymi, szczególnie w zakresie nauk o zarządzaniu.

## Model procesów magazynowych — podstawowe założenia

Podstawowym problemem badawczym rozwiązań organizacyjnych w modelu procesu magazynowania była analiza jego efektywności przy uwzględnieniu konfiguracji procesu, jego parametryzacji w oparciu o zmiany wielkości przepływów materiałowych, kształtowania zapotrzebowania na zasoby ludzkie i zasobów transportu wewnętrznego.

Jako przykład procesu badawczego przyjęto proces realizowany w magazynie dystrybucyjnym. Schematy przebiegu procesu przedstawiają rysunki 2, 3 i 4.





Badania rozwiązań organizacyjnych modeli procesu magazynowania przeprowadzono w programie iGrafx Process 2011 przy wykorzystaniu symulacji. Przeprowadzenie symulacji w programie iGrafx wymagało przekształcenia map procesów w modele poprzez ich parametryzację, czyli:

- określenie zależności w procesie,
- zdefiniowanie typu zasobów i przypisanie ich do realizacji w poszczególnych czynnościach,
- określenie kosztów poszczególnych zasobów,
- określenie czasów trwania poszczególnych czynności,
- określenie harmonogramów pracy poszczególnych działów firmy,
- określenie transakcji (parametrów przepływów towarowych i informacyjnych przetwarzanych w czynności procesu),
- zdefiniowanie typu generatora transakcji.

## Zasoby

W modelu procesu magazynowania zdefiniowano dwa typy zasobów:

- praca (pracownicy),
- wyposażenie (wyposażenie transportu wewnętrznego).

Pracowników realizujących procesy podzielono w zależności od działu na:

- pracownik biurowy — Dział logistyki,
- brygadzysta — Magazyn,
- magazynier — Magazyn,

Wyposażenie transportu wewnętrznego podzielono na:

- wózki podnośnikowe,
- wózki unoszące prowadzone.

Dla poszczególnych zasobów określono parametry kosztów, harmonogramu pracy, możliwych nadgodzin, liczby poszczególnych zasobów, a następnie zasoby przypisano do poszczególnych czynności.

Zestawienie wprowadzonych danych dla zasobów w procesach przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2

Zasoby w procesie magazynowania

Lp.	Zasób	Stawka godzinowa	Koszt użycia	Harmonogram	Nadgodziny	Przypisanie zasobu
		[PLN/h]				
1	Pracownik biurowy	20	5	Standardowy	—	Dział logistyki
2	Brygadzysta	15	3	Standardowy	—	Magazyn
3	Magazynier	8	3	Standardowy	—	Magazyn
4	Wózek podnośnikowy	0	5	Standardowy	—	Magazyn
5	Wózek unoszący	0	2	Standardowy	—	Magazyn

Źródło: opracowanie własne.

## Czasy trwania czynności

W opracowanym modelu procesu magazynowania czasy trwania czynności procesu podzielono na dwie grupy:

- stałe, dotyczące przygotowania edycji i zatwierdzania dokumentów,
- zmienne, dotyczące realizacji czynności związanych z obsługą ładunków w procesie.

Czasy stałe i zmienne są wprowadzane na etapie symulacji za pomocą atrybutów transakcji, scenariusza. Zestawienie wprowadzonych przykładowych czasów w procesach przedstawiono w tab. 3.

## Harmonogram pracy

W opracowanym modelu procesu magazynowania na potrzeby badań przyjęto standardowy harmonogram pracy, w którym zdefiniowano:

- dni pracy,
- godziny pracy.

W modelu przyjęto standardowe dni pracy firmy od poniedziałku do piątku.

W modelu przyjęto wariantowo pracę w systemie dwu- lub trzymianowym, która była przedmiotem symulacji.

## Transakcje — parametry przepływów towarowych i informacyjnych

W celu wyznaczenia podstawowych wyników efektywności przebiegu procesu magazynowania podczas symulacji procesów zdefiniowano transakcje: parametry przepływów towarowych i informacyjnych, które będą zasilać opracowane modele. Przyjęto, że transakcje, podobnie jak czasy trwania czynności, będą wprowadzane do modelu przy użyciu eksportu z pliku zewnętrznego. Posłuży do tego generator transakcji, którego konfiguracja i zasada działania została opisana dalej.



Tabela 3  
Czasy jednostkowe czynności w modelu procesu

Faza procesu	Czynność	Jednostka odniesienia	Atrybut	Czas jednostkowy
Przyjęcie dostawy	Kontrola dokumentów przyjęć	dok	D_t1	5,00
	Wyjaśnienia przyjęcia z dostawcą	dok	D_t2	5,00
	Rozładunek jł	jł	D_t3	2,50
	Przygotowanie dokumentu odmowa przyjęcia	dok	D_t4	5,00
	Utworzenie dokumentu PM	dok	D_t5	5,00
	Pobranie dokumentu PM na terminal	dok	D_t6	0,30
	Kontrola ilościowa i jakościowa	jł	D_t7	2,00
	Utworzenie protokołu niezgodności	dok	D_t8	5,00
	Wydruk etykiet i oznakowanie jł	jł	D_t9	1,50
	Uformowanie jł	jł	D_t10	1,50
	Zabezpieczenie jł	jł	D_t11	1,50
	Zatwierdzenie dokumentu PM	dok	D_t12	0,50
	Transport jł do strefy składowania	jł	D_t13	2,50
	Zablokowanie jł niezgodnej w systemie	jł	D_t14	0,50
Kompletacja wydania	Pobranie dokumentu WM	dok	W_t1	0,50
	Przejazd do adresu kompletacji jł	poz	W_t2	1,00
	Pobranie jł potwierdzenia adresu kompletacji	poz	W_t3	1,56
	Transport do strefy kontroli/pakowania	jł	W_t4	1,50
	Pobranie nośnika wydania	poz	W_t5	1,00
	Przejazd do adresu kompletacji oz	poz	W_t6	1,50
	Potwierdzenie adresu kompletacji	poz	W_t7	0,06
	Pobranie i odłożenie wskazanej ilości towaru na nośnik	jł	W_t8	2,50
	Potwierdzenie pobrania	poz	W_t9	0,06
	Transport do strefy kontroli/pakowania	jł	W_t10	1,50
	Kontrola kompletacji	jł	W_t11	1,00
	Uzupełnienie i poprawa kompletacji	jł	W_t12	2,50
	Uformowanie i zabezpieczenie jł wydania	jł	W_t13	1,50
	Wydruk i oznakowanie jł wydania	jł	W_t14	0,50
	Zatwierdzenie dokumentu WM	dok	W_t15	0,50
	Wyedytowanie dokumentów WZ	dok	W_t16	1,50
	Przygotowanie awiza dostawy	dok	W_t17	1,50
	Wyedytowanie zlecenia lista załadunkowa	dok	W_t18	1,50
	Transport do strefy wydań	jł	W_t19	1,50
Wydanie z magazynu	Pobranie dokumentu lista załadunkowa	dok	W_t20	0,50
	Potwierdzenie pobrania jł	jł	W_t21	0,06
	Załadunek na środek transportu	jł	W_t22	1,80
	Potwierdzenie załadunku	jł	W_t23	0,06
	Zatwierdzenie dokumentu lista załadunkowa	dok	W_t24	0,50
	Wydruk dokumentów wydania	dok	W_t25	5,00
	Przekazanie dokumentów kierowcy	dok	W_t26	5,00

Źródło: opracowanie własne.

W opracowanych modelach transakcje podzielono na dwie grupy dotyczące:

- przepływów informacyjnych,
- przepływów towarowych.

Zestawienie zaproponowanych transakcji wykorzystanych do opracowania modeli — para-

metrów przepływów towarowych i informacyjnych przedstawiono w tab. 4.

Transakcje — parametry przepływów będą wprowadzane do modelu z pliku zewnętrznego (Ms. Excel) na etapie symulacji za pomocą zdefiniowanych w modelach atrybutów transakcji i scenariusza.

Tabela 4

Transakcje — parametry przepływów towarowych i informacyjnych w modelu procesu

Lp.	Nazwa parametru	Atrybut
1	Liczba dokumentów w dostawie	Dost_liczbadokum
2	Liczba pozycji na dokumentach	Dost_liczbapozyc
3	Liczba pjl w dostawie	Dost_liczbapjl
4	Liczba pjl jednorodnych w dostawie	Dost_liczbapjljedn
5	Liczba pjl kompletowanych w dostawie	Dost_Liczbapjlkompl
6	Liczba dokumentów wydań	Wyd_liczbadokum
7	Liczba pozycji na dokumentach wydań	Wyd_liczbapozyc
8	Liczba pjl w wydaniach	Wyd_liczbapjl
9	Liczba pjl jednorodnych w wydaniach	Wyd_liczbapjljedn
10	Liczba pjl kompletowanych w wydaniach	Wyd_liczbapjlkompl

Źródło: opracowanie własne.

### Typ generatora transakcji

Do wprowadzenia transakcji do modelu procesu posłuży generator, który jest tworzony automatycznie i przypisany do tego punktu startowego. Spośród dostępnych w programie iGrafx Process 2011 generatorów wybrano generator sekwencyjny, którego zadaniem będzie wprowadzanie do modelu podczas symulacji:

- czasów jednostkowych poszczególnych czynności procesu,
- transakcji wynikających z przepływów towarowych.

Zestawienie zaproponowanych transakcji — wielkości przepływów towarowych i informacyjnych przedstawiono w tab. 5.

### Weryfikacja symulacyjna opracowanego modelu

Symulacja procesu magazynowania polegała na zmianie między innymi:

- liczby zasobów przypisanych do realizacji czynności w procesie,
- harmonogramu pracy.

Przyjęto sześć scenariuszy dla symulacji:

- scenariusz 1 — praca w systemie dwuzmianowym z nieograniczoną liczbą zasobów,
- scenariusz 2 — praca w systemie trzymianowym z nieograniczoną liczbą zasobów,
- scenariusz 3 — praca w systemie dwuzmianowym z pulą zasobów ( zasób/typ zasobu),
- scenariusz 4 — praca w systemie trzymianowym z pulą zasobów ( zasób/typ zasobu),
- scenariusz 5 — praca w systemie dwuzmianowym z ograniczoną liczbą zasobów,
- scenariusz 6 — praca w systemie trzymianowym z ograniczoną liczbą zasobów.

wym z ograniczoną liczbą zasobów.

W scenariuszu 5 i 6 tak dobrano liczbę zasobów, aby wskaźnik wykorzystania zasobów był większy od 70%.

Jednym z podstawowych celów modelowania i symulacji procesów jest pomiar czasu i kosztów związanych z procesem oraz identyfikacja występujących w procesie wąskich gardeł.

Symulowanie procesów logistycznych w programie iGrafx pozwala wygenerować wiele statystyk dotyczących czasów realizacji procesu, oczekiwania na realizację czynności i kosztów jednostkowych, liczby zasobów, jak np.:

- rzeczywisty czas realizacji procesu,
- ogólna statystyka transakcji (czas obsługi, czas oczekiwania na usługę, czas pracy, czas zablokowania),
- szczegółowa statystyka transakcji realizowanych przez poszczególne działy,
- koszty zasobów.

W odniesieniu do statystyk dotyczących zasobów istnieje możliwość uzyskania całkowitego czasu lub kosztów zużywanych zasobów albo ich wartości średnich. Najczęściej są one związane z:

- ogólnym wykorzystaniem zasobów,
- szczegółowym wykorzystaniem zasobów w poszczególnych działach,
- szczegółową statystyką czynności w procesie w odniesieniu do zasobów (czas obsługi, czas oczekiwania na usługę, czas pracy, czas zablokowania).

Z kolei statystyki dotyczące wąskich gardeł w procesie można przedstawiać np. w postaci:

- liczby transakcji, które oczekiwały na zasoby,
- czasów oczekiwania na zasoby, jeżeli zasoby są zajęte lub niedostępne,
- czasów oczekiwania na zasoby w poszczególnych działach.

Do dalszych szczegółowych analiz z przeprowa-

Tabela 5

Transakcje — wielkości przepływów towarowych i informacyjnych dla modelu procesu

PRACA DWUZMIANOWA											PRACA TRZYMIANOWA										
DOST_LICZBADOKUM	DOST_LICZBAPOZYC	DOST_LICZBAJL	DOST_LICZBAJLJEDN	DOST_LICZBAJLKOMPL	DOST_LICZBAJLNIEZG	WYD_LICZBADOKUM	WYD_LICZBAPOZYC	WYD_LICZBAJL	WYD_LICZBAJLJEDN	WYD_LICZBAJLKOMPL	DOST_LICZBADOKUM	DOST_LICZBAPOZYC	DOST_LICZBAJL	DOST_LICZBAJLJEDN	DOST_LICZBAJLKOMPL	DOST_LICZBAJLNIEZG	WYD_LICZBADOKUM	WYD_LICZBAPOZYC	WYD_LICZBAJL	WYD_LICZBAJLJEDN	WYD_LICZBAJLKOMPL
																	6	20	15	6	8
																	6	20	15	6	8
																	7	25	16	8	8
																	2	3	9	1	8
2	4	19	19	0	1						2	4	19	19	0	1					
2	4	19	19	0	1						2	4	19	19	0	1					
2	4	19	19	0	1						2	4	19	19	0	1					
2	4	19	19	0	1						2	4	19	19	0	1					
2	4	19	19	0	0						2	4	19	19	0	0					
2	4	19	19	0	0	4	13	6	6	0	2	4	19	19	0	0					
2	4	19	19	0	0	5	15	6	6	0	2	4	19	19	0	0					
2	4	19	19	0	0	6	18	6	6	0	2	4	19	19	0	0					
						6	20	20	8	12							4	13	12	4	8
						7	23	18	6	12							4	13	12	4	8
						8	25	30	6	24							4	13	12	4	8
						10	30	30	6	24							4	13	12	4	8
						12	38	30	6	24							4	13	12	4	8
						8	25	20	8	12							4	13	12	4	8
						6	18	18	6	12							4	13	12	4	8
						5	15	6	6	0							8	25	18	8	10
						4	13	6	6	0							8	25	14	8	6
																	8	25	14	8	6
																	6	20	12	6	6

Źródło: opracowanie własne.

dzonych badań procesu wybrano następujące parametry, wskaźniki uzyskane w wyniku symulacji:

- rzeczywisty czas realizacji procesu,
- koszty zasobów,
- ogólne wykorzystanie zasobów.

Wyniki symulacji dla poszczególnych scenariuszy przedstawiono w tab. 6.

## Wnioski

Wyboru scenariusza najbardziej efektywnego dokonano w oparciu o wybrane parametry/wskaźniki z wykorzystaniem analizy wielokryterialnej, przypisując wagi dla poszczególnych kryteriów. Wyniki analizy wielokryterialnej przedstawia tab. 7.

Według przyjętych kryteriów najbardziej efektywnymi rozwiązaniami są realizacje procesu w oparciu o scenariusz 5 i 6.

Pozostałe scenariusze realizacyjne procesu są nieefektywne w stosunku do wybranych z powodu:

- dłuższego czasu realizacji procesu (scenariusz 3 i 4),
- większych kosztów zasobów (scenariusz 1; 2; 3; 4 i 5),
- niższego wskaźnika wykorzystania zasobów (scenariusz 1; 2; 3; 4 i 5).

## Podsumowanie

W artykule autorzy przedstawili weryfikację symulacyjną opracowanego modelu analizy procesu magazynowania. Weryfikacja symulacyjna umożliwia również przeprowadzenie wielokrotnych symulacji prognostycznych, na podstawie których można zidentyfikować zależności i sprzężenia

Tabela 6

Wyniki symulacji realizacji procesu dla założonych scenariuszy

ZASÓB	SCENARIUSZ 1				SCENARIUSZ 2			
	CZAS REALIZACJI PROCESU	LICZBA ZASOBÓW	KOSZT ZASOBÓW	WYKORZYSTANIE ZASOBÓW	CZAS REALIZACJI PROCESU	LICZBA ZASOBÓW	KOSZT ZASOBÓW	WYKORZYSTANIE ZASOBÓW
		[SZT]	[PLN]			[SZT]	[PLN]	
Pracownik biurowy	<b>5,39</b>	3	718,11 zł	14,11%	<b>4,16</b>	4	728,12 zł	13,37%
Pracownik magazynowy		62	5 988,77 zł	25,08%		80	6 045,32 zł	24,97%
Wózki podnośnikowe		6	280,00 zł	24,81%		6	280,00 zł	32,65%
Wózki unoszące		26	494,00 zł	25,22%		31	494,00 zł	27,16%
<b>Razem</b>		<b>97</b>	<b>7 480,88 zł</b>			<b>121</b>	<b>7 547,44 zł</b>	
ZASÓB	SCENARIUSZ 3				SCENARIUSZ 4			
	CZAS REALIZACJI PROCESU	LICZBA ZASOBÓW	KOSZT ZASOBÓW	WYKORZYSTANIE ZASOBÓW	CZAS REALIZACJI PROCESU	LICZBA ZASOBÓW	KOSZT ZASOBÓW	WYKORZYSTANIE ZASOBÓW
		[SZT]	[PLN]			[SZT]	[PLN]	
Pracownik biurowy	<b>76,84</b>	1	1 451,85 zł	4,64%	<b>50,99</b>	1	1 414,86 zł	4,71%
Pracownik magazynowy		2	3 138,38 zł	78,47%		2	3 095,84 zł	80,73%
Wózki podnośnikowe		1	280,00 zł	13,88%		1	280,00 zł	15,86%
Wózki unoszące		1	494,00 zł	67,49%		1	494,00 zł	68,60%
<b>Razem</b>		<b>5</b>	<b>5 364,23 zł</b>			<b>5</b>	<b>5 284,70 zł</b>	
ZASÓB	SCENARIUSZ 5				SCENARIUSZ 6			
	CZAS REALIZACJI PROCESU	LICZBA ZASOBÓW	KOSZT ZASOBÓW	WYKORZYSTANIE ZASOBÓW	CZAS REALIZACJI PROCESU	LICZBA ZASOBÓW	KOSZT ZASOBÓW	WYKORZYSTANIE ZASOBÓW
		[SZT]	[PLN]			[SZT]	[PLN]	
Pracownik biurowy	<b>15,11</b>	1	715,00 zł	16,24%	<b>22,03</b>	1	835,63 zł	10,90%
Pracownik magazynowy		6	2 915,00 zł	88,52%		4	2 782,23 zł	93,14%
Wózki podnośnikowe		2	280,00 zł	26,53%		1	280,00 zł	36,70%
Wózki unoszące		4	494,00 zł	53,92%		2	494,00 zł	78,86%
<b>Razem</b>		<b>13</b>	<b>4 404,00 zł</b>			<b>8</b>	<b>4 391,86 zł</b>	

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7

Wyniki analizy wielokryterialnej

PARAMETRY/WSKAŹNIKI	JM	WYNIKI						
		SCENARIUSZ						
		1	2	3	4	5	6	
<b>Rzeczywisty czasu realizacji procesu</b>	[godz]	5,39	4,16	76,84	50,99	15,11	22,03	
<b>Koszty zasobów</b>	[PLN]	7 480,88	7 547,44	5 364,23	5 284,70	4 404,00	4 391,86	
<b>Ogólne wykorzystanie zasobów (pracowników)</b>	[%]	25,08	24,97	78,47	80,73	88,52	93,14	
		OCENA WIELOKRYTERIALNA						WAGA KRYTERIUM
		SCENARIUSZ						
		1	2	3	4	5	6	
		0,26	0,20	3,69	2,45	0,73	1,06	0,2
		0,12	0,12	0,16	0,17	0,20	0,20	0,2
		2,78	2,58	0,75	0,69	0,63	0,60	0,6
		3,16	2,90	4,61	3,31	1,56	1,86	
Miejsce w rankingu		<b>4</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	

Źródło: opracowanie własne.

zwrotne w całym łańcuchu dostaw. Weryfikacja symulacyjna oparta była o wielokrotne studium przypadków, które można uznać za reprezentatywne dla specyfiki procesów magazynowych.

W artykule autorzy przedstawili problematykę analizy procesów zachodzących w magazynie dystrybucyjnym. Dalszym etapem prac badawczych w tym zakresie jest konfrontacja przedstawionego

modelu z uwzględnieniem specyfiki magazynu produkcyjnego oraz wpływu procesu magazynowania na cały łańcuch dostaw. Prowadzone badania dotyczyły zarówno aspektów efektywności operacyjnej, jak i efektywności ekonomicznej procesów magazynowych. Takie podejście analityczne pozwala na kompleksową analizę procesów magazynowych w łańcuchu dostaw.

## Bibliografia

- Abdulmalek, F.A., Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107 (1), 223–236.
- Denkena, B., Henjes, J., Henning, H. (2011). Simulation-based dimensioning of manufacturing process chains. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4 (1), 9–14.
- Dullinger, K.H. (2009). Simulation in der Logistik — neue Anwendungsfelder. *LogForum*, 5 (3), 1–12.
- Eisenhardt, K., Graebner, M. (2007). Theory building from cases: opportunities and challenges. *Academy of Management Journal*, 50 (1), 25–32.
- Fanti, M.P., Iacobellis, G., Ukovich, W., Boschian, V., Georgoulas, G., Stylios, C. (2015). A simulation based Decision Support System for logistics management. *Journal of Computational Science*, 10 (8), 86–96.
- Hadaś, Ł., Cyplik, P., Adamczak, M., Domański, R. (2015). *Dimensions for Developing Supply Chain Integration Scenarios, Proceedings of The 15th International Scientific Conference (225–239)*. Business Logistics in Modern Management. Croatia: Osijek.
- Kłosowski, G. (2011). Zastosowanie symulacji komputerowej w sterowaniu przepływem produkcji mebli. *Zarządzanie Przedsiębiorstwem*, (2), 29–37.
- Kolińska, K., Koliński, A. (2013). Efektywność procesu zarządzania zapasami części zamiennych w przedsiębiorstwach produkcyjnych — wyniki badań. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (3), 2–6.
- Koliński, A., Kolińska, K. (2012). Wykorzystanie informatycznych narzędzi wspomagających ocenę efektywności procesów logistycznych w przedsiębiorstwach produkcyjnych. *E-mentor*, (5), 82–87.
- Maylor, H., Blackmon, K. (2005). *Researching Business and Management*. New York: Polgrave Macmillan.
- Meade, D.J., Kumar, S., Houshyar, A. (2006). Financial analysis of a theoretical lean manufacturing implementation using hybrid simulation modelling. *Journal of Manufacturing Systems*, 25 (2), 137–152.

- Niemczyk, A. (2010). *Zarządzanie magazynem*. Poznań: Wyższa Szkoła Logistyki.
- Pawlewski, P. (2010). Technologie informatyczne używane w symulacji procesów logistycznych. *Logistyka*, (1), 59–63.
- Rodawski, B. (2006). Simulation of logistics processes. *LogForum*, 2 (1), 1–15.
- Sarjusz-Wolski, Z. (1998). Symulacja procesów logistycznych. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (6), 131–132.
- Śliwczyński, B. (2005) Zarządzanie procesami biznesowymi w łańcuchu dostaw wspomaganie narzędziami elektronicznej gospodarki. *LogForum*, 1 (1), 3–11.
- Śliwczyński, B. (2011). *Controlling operacyjny łańcucha dostaw w zarządzaniu wartością produktu*. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego.
- Trojanowska, J., Varela, M.L.R., Machado, J. (2017). The Tool Supporting Decision Making Process in Area of Job-Shop Scheduling. In: Á. Rocha, A. Correia, H. Adeli, L. Reis, S. Costanzo (eds), Recent Advances in Information Systems and Technologies, WorldCIST 2017. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, (571), 490–498.
- Wójcik, P. (2013). Znaczenie studium przypadku jako metody badawczej w naukach o zarządzaniu. *E-mentor*, (48), 17–22.
- Yin, R.K. (2009). *Case Study Research. Design and Methods* SAGE Publications. Thousand Oaks.
- Zhang, H., Li, H. (2004). Simulation-based optimization for dynamic resource allocation. *Automation in Construction*, 13 (3), 409–420.

## PWE poleca



Książka, którą oddajemy do rąk Czytelników, jest wyjątkową monografią dotyczącą żeglarstwa morskiego. Świetna znajomość problematyki przez autora, poświadczona czytaniem w literaturze oraz bogatymi doświadczeniami praktycznymi, dała bardzo interesujący wynik. Powstała praca nowatorska na polskim, a nawet światowym rynku, porządkująca oraz wnosząca wiele nowych ustaleń do wiedzy o żeglarstwie morskim, a zwłaszcza o morskiej turystyce żeglarskiej. Opracowanie składa się z piętnastu rozdziałów, które stanowią logiczną całość opisującą w sposób uporządkowany współczesną morską turystykę żeglarską w jej różnych aspektach.

Księgarnia internetowa: [www.pwe.com.pl](http://www.pwe.com.pl)