

# Webowa aplikacja do badania dynamiki procesów logistycznych z redukcją kosztów transportu

*Online application for testing dynamic performance of logistic processes with reducing transport costs*

W pracy zaprezentowano aplikację służącą do symulacyjnego badania przebiegu procesów logistycznych. Rozważany problem sterowania przepływem towarów i wymiany informacji w łańcuchu dostaw odwołuje się do sytuacji, w której zasoby centrum logistycznego, wykorzystywane do zaspokojenia zgłaszanego popytu, są uzupełniane towarami z zamówień składanych u jednego lub wielu dostawców. Aplikacja umożliwia badanie właściwości podstawowych, jak również zaawansowanych metod sterowania procesem zarządzania zasobami w warunkach zmiennego popytu oraz różnych parametrów środowiskowych. Za pomocą symulatora możliwa jest ocena wpływu doboru algorytmu oraz parametru minimalnej ilości towarów zamawianych jednorazowo u dostawców na redukcję kosztów transportu przy zachowaniu założonego poziomu obsługi klientów.

**Słowa kluczowe:**

sterowanie przepływem towarów w łańcuchu dostaw, symulacja procesów logistycznych, redukcja kosztów transportu, aplikacja do zarządzania zasobami w magazynie.

The paper presents an advanced software tool for modelling and control of periodic-review inventory systems. In the presented model stock in the warehouse is replenished by one or more suppliers at the same time. The application allows its users to analyze properties of both basic and advanced supply policies in the presence of variable demand and various environmental parameters. Presented software is used to determine the impact of minimum order amount parameter and chosen supply policy on total transportation cost, while still maintaining high customer service level.

**Key words:**

supply chain management, simulation of logistic processes, reduction of transport costs, warehouse management software.

## Wprowadzenie

Wzrastająca liczba dóbr dostępnych na rynku sprawia, iż logistyka stanowi obecnie jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin gospodarki w Polsce i na świecie. Powstające nowe przedsiębiorstwa spedycyjne oraz rozwijające się istniejące sieci dystrybucyjne dążą do poprawy efektywności swoich systemów zarządzania przepływem towarów i informacji, głównie z myślą o redukcji kosztów przy zachowaniu założonego poziomu obsługi klientów (Miler, Nowosielski, Pec, 2013). Proces usprawniania funkcjonowania łańcucha dostaw powinna poprzedzać dogłębna analiza właściwości dynamicznych w celu właściwego zamodelowania układu (Minner, 2003), a następnie symulacji jego pracy w zmiennych warunkach środowiskowych,

przy zastosowaniu nowych strategii zarządzania zasobami popartych teorią sterowania (Chołodowicz, Orłowski, 2015; Ignaciuk, Bartoszewicz, 2010a, 2010b, 2012; Ortega, Lin, 2004; Sarimveis, Patriinos, Tarantili, Kiranoudis, 2008; Silver, Pyke, Peterson; 1998; Waters, 2003). Symulacja pozwala dostosować algorytm sterowania do charakteru obiektu oraz specyficznych warunków jego pracy, nie pociągając za sobą dodatkowych nakładów finansowych w przypadku niepowodzenia implementacji. W praktyce do informatycznej obsługi sieci logistycznej jest dostępnych bardzo wiele aplikacji. Są to jednak gotowe rozwiązania do wdrożenia zależnie od charakteru branży, trwałości przechowywanego towaru oraz polityki firmy.

W niniejszej pracy zaprezentowano symulator do badania dynamiki procesów zachodzących w systemach logistycznych, w których rozważano przepływ

towarów pomiędzy trzema podstawowymi uczestnikami wymiany dóbr, tj. dostawcami, centrum logistycznym i odbiorcami. Program umożliwia badanie i porównywanie właściwości klasycznych, jak również zaawansowanych algorytmów sterowania procesem zarządzania zasobami w sytuacji zmiennego popytu oraz różnych parametrów środowiskowych. Przeprowadzone symulacje wskazują, iż zależnie od doboru algorytmu uwzględnienie jako dodatkowego parametru [rozszerzenie pracy (Rogaliński, Bartoszewicz, Ignaciuk, 2011)] najmniejszej dopuszczalnej ilości zamawianych towarów pozwala znacząco zredukować koszty transportu od dostawców, przy zachowaniu pozostałych celów sterowania.

## Funkcjonalność aplikacji

Aplikacja umożliwia badanie właściwości algorytmów zaprojektowanych dla procesów logistycznych, w których zamówienia generowane są tylko w określonych dyskretnych chwilach. Lista zamówień na dostarczane towary jest generowana na podstawie zadanej funkcji popytu, przy uwzględnieniu wybranych parametrów modelu. Dostępne dla użytkownika parametry modelowanego łańcucha logistycznego to:

- Czas symulacji* — wyrażany liczbą całkowitą z przedziału [1, 6500].
- Zamówienia oczekujące* — parametr (opcjonalny) mający bezpośredni wpływ na przebieg symulacji w przypadku, kiedy wartość funkcji popytu przewyższa ilość towaru dostępną w magazynie. Zamówienia, które nie zostaną zrealizowane, mogą zostać utracone lub przełożone do realizacji w dniu następnym. Aplikacja umożliwia określenie wartością procentową ilości zamówień, które mają zostać utracone.
- Czas dostawy* (tj. opóźnienie realizacji zamówienia) — czas, jaki upływa od momentu złożenia zamówienia u dostawcy do chwili fizycznego przybycia towaru do magazynu. Może być wartością stałą lub losową z przedziału liczb całkowitych  $[a, b]$  — dla każdego zamówienia generowaną za pomocą generatora liczb pseudolosowych o rozkładzie normalnym, tj. funkcji  $\text{rand}()$  wbudowanej w język PHP.
- Popyt* — funkcja generująca zapotrzebowanie na towar w każdym kroku symulacji. W aplikacji zaimplementowanych zostało kilka różnych funkcji określających popyt:
  - *funkcja stała* w przedziale  $[a, b]$  o zadanej wartości popytu i równa 0 poza tym przedziałem;
  - *funkcja liniowa* określona wzorem  $y = Ax + B$ , dla podanych parametrów  $A$  oraz  $B$ ;

- *popyt zmienny* w każdym kroku symulacji o wartości wyznaczonej z przedziału  $[a, b]$  za pomocą funkcji  $\text{rand}()$ ;
  - *funkcja okresowa* określona wzorem  $y = A \sin(Bx) + C$ , dla zadanych wartości  $A$ ,  $B$  oraz  $C$ .
- e) *Algorytm generowania zamówień* — istnieje możliwość wybrania jednej lub więcej strategii zarządzania zasobami, za pomocą których generowane będą zamówienia na towar podczas symulacji. W programie zaimplementowano kilka algorytmów:
- **OUT** (ang. *Order-up-to-level*, czyli zamówów do poziomu) — wielkość zamówienia generowana jest zgodnie z zależnością:

$$u(k) = y_d - y(k) - \sum_{p=1}^m r_p \sum_{j=k-t_p}^{k-1} u(j) = y_d - y(k) - \text{WIP}(k),$$

gdzie  $u(k)$  oznacza zamówienie wygenerowane w okresie  $k$ ,  $y_d$  stanowi docelowy poziom magazynowanych zasobów osiągnąć przy zerowym popycie,  $y(k)$  odzwierciedla aktualny stan magazynu, natomiast  $\text{WIP}(k)$  reprezentuje ilość towaru w zamówieniach w trakcie realizacji,  $r_p$  stanowi udział dostawcy  $p$  w całości zamówienia, zaś  $t_p$  określa czas opóźnienia realizacji zamówienia od dostawcy  $p$ ;

- *algorytm optymalny* w sensie kwadratowego wskaźnika jakości (ang. *LQ optimal controller*) — wielkość zamówienia generowana jest według wzoru:

$$u(k) = B [y_d - y(k) - \text{WIP}(k)],$$

w którym  $B$  oznacza współczynnik wzmocnienia regulatora decydujący o dynamice procesu dostaw. Ten współczynnik wynika z wag przyjętych w kwadratowym wskaźniku jakości dla kosztu sygnału sterującego i uchybu regulacji (Ignaciuk, Bartoszewicz, 2010b, 2012). Pozostałe parametry algorytmu odpowiadają wielkościom opisanym powyżej przy OUT;

- $(s, S)$  — algorytm generuje zamówienia do wartości  $S$  wtedy, kiedy poziom zasobów w magazynie oraz zamówień oczekujących spadnie poniżej  $s$ ;
  - $(r, Q)$  — algorytm generuje zamówienia o wartości  $Q$  wtedy, kiedy stan magazynu oraz zamówień oczekujących spadnie poniżej  $r$ .
- f) *Minimalna ilość zamówienia* — parametr (opcjonalny) wyrażany nieujemną liczbą całkowitą  $a$  lub jako przedział wartości  $a-b$ . Zamówienia u dostawców są dokonywane tylko wówczas, gdy wyliczona ilość towaru do zamówienia osiągnie co najmniej wskazany próg. W pozostałych przypadkach (zbyt małej ilości towaru do zamówienia)

zamówienie w danym dniu nie jest dokonywane, a to oznacza oszczędność w kwestii kosztów transportu.

## Specyfikacja techniczna

Aplikacja została stworzona przy wykorzystaniu obiektowych technik programistycznych. W celu uproszczenia procedury instalacji oraz aktualizacji, zapewnienia przejrzystego interfejsu oraz mobilności, program został zaimplementowany w języku PHP ze wsparciem technologii AJAX (źródła internetowe: AJAX tutorial) oraz JavaScript (źródła internetowe: JavaScript Library). Do generowania wykresów przedstawiających wyniki symulacji zastosowano klasę Google Chart API (źródła internetowe: Google chart tools). Ponadto do przechowywania danych o dostawcach i towarach, a także informacji o użytkownikach (każdy posiada własne konto), zainstalowanych modułach oraz relacjach między tymi danymi wykorzystano relacyjną bazę danych MySQL. Użytkownik korzystający ze swojej odrębnej kopii programu nie korzysta z plików źródłowych, a jedynie z odnośników do oryginalnej wersji symulatora. Za każdym razem, gdy wykonuje jakąś operację, aplikacja „sięga” do serwera źródłowego po pliki źródłowe, wykonuje wszystkie obliczenia, a następnie odsyła wynik działania. Dzięki temu aktualizując pliki na serwerze głównym wszystkie osoby korzystające z „kopii” programu używają nowszej wersji. Jednocześnie dla każdej „kopii” programu tworzona jest na serwerze głównym osobna baza danych, a zatem użytkownicy mogą tworzyć własne tabele dostawców i towarów.

## Przykładowy scenariusz symulacyjny

Przyjmijmy, że zamawiamy jeden towar od 2 różnych dostawców w ilości 30% od dostawcy pierwszego oraz 70% od drugiego. Cena za sztukę towaru od dostawcy pierwszego to 13,00 PLN przy czasie realizacji zamówienia wynoszącym od 2 do 5 dni, zaś cena towaru od drugiego dostawcy to 11,00 PLN przy opóźnieniu dostawy od 1 do 3 dni. Koszt transportu jednostki towaru od pierwszego dostawcy wynosi 0,9 PLN, zaś od drugiego — 1,1 PLN. Towar składowany jest w magazynie o pojemności 100 sztuk, a jego początkowa liczba to 50 sztuk. Popyt na dany towar w ostatnim miesiącu był losowy, zmieniał się w granicach od 0 do 25 sztuk dziennie. Zakładamy, że będzie się on kształtował podobnie

również w kolejnych 30 dniach. Chcemy ocenić różnice w kosztach transportu przy uwzględnieniu minimalnej ilości towaru zamawianego jednorazowo u dostawców. Rozważmy przedział od 0 do 20 sztuk. W symulacji badane będą 3 algorytmy sterowania przepływem towaru: OUT; LQ ze współczynnikiem  $B = 0,6$ ;  $(s, S)$  z wartościami  $s = 5$  i  $S = 85$  sztuk.

Rysunek 1 prezentuje formularz generowania zamówień uzupełniony o powyższe dane. Wygenerowany przebieg funkcji popytu o losowych wartościach ilustruje rysunek 2.

Z chwilą złożenia zamówienia przez klienta uruchamiany jest szereg procesów. Sprawdzana jest ilość zamawianego towaru oraz aktualny stan magazynowy, w ten sposób oceniana jest możliwość realizacji zamówienia z posiadanych zapasów. W przypadku braku wystarczającej ilości towarów zamówienie jest przesuwane do realizacji w najbliższym możliwym czasie (zwykle następnego dnia). Przyjęte w danym okresie zamówienia klientów stanowią podstawę do planowania dostaw od dostawców. Rysunek 3 przedstawia zamówienia wygenerowane przez każdą z analizowanych strategii uzupełniania zasobów. Jak widać na rysunku, w pierwszym dniu metoda OUT oraz strategia LQ wygenerowały maksymalną dopuszczalną ilość towaru w zamówieniu, natomiast algorytm  $(s, S)$  ze względu na stan początkowy magazynu nie mniejszy od parametru  $s = 5$  nie utworzył zamówienia. W kolejnych krokach symulacji generowane zamówienia zależą od poziomu zasobów w magazynie oraz ilości zamówień w trakcie realizacji.

Rysunek 4 pokazuje, jak przy zadanych parametrach kształtują się dostawy towaru do magazynu. Na wykresie widać, że w przypadku zastosowania regulatorów OUT i LQ towar dostarczany jest regularnie, zapewniając odpowiedni poziom zasobów w magazynie (rys. 5). W przypadku strategii  $(s, S)$  pomimo złożonych 4 zamówień towar jest dostarczany 6 razy. Dzieje się tak dlatego, że zamówienia realizowane są przez dwóch różnych dostawców i dla każdego z nich termin realizacji zamówienia jest inny. Na rysunkach 4 i 5 dodatkowo pokazane zostało, jak użytkownik, wskazując kursorem myszy, może odczytać dokładną wartość z wykresu (pojawiający się „dymek”).

W celu zapewnienia ciągłości procesu przepływu towarów pomiędzy producentami a odbiorcami ilość dóbr magazynowanych w centrach dystrybucji powinna gwarantować stały dostęp do odpowiednio dużej ilości towaru pozwalającej na szybką reakcję na zmieniający się popyt, a jednocześnie powinna być jak najmniejsza, aby towary nie traciły na wartości (w szczególności te o krótkim czasie przydatności rynkowej) i koszty przechowywania były ograniczane do minimum (bez konieczności wynajmu dodatkowej powierzchni magazynowej na nadmiarowe towary). Analizowane w przykładzie metody

Rysunek 1

Formularz generowania zamówień

Generowanie zamówien

Aby wygenerować zamówienia na towary wybrane w poprzednim kroku, należy uzupełnić wszystkie wymagane pola, a następnie kliknąć na przycisk "Generuj". Opisy poszczególnych opcji dostępne są pod znakiem ⓘ

Powrót do: Zamówienia na towar

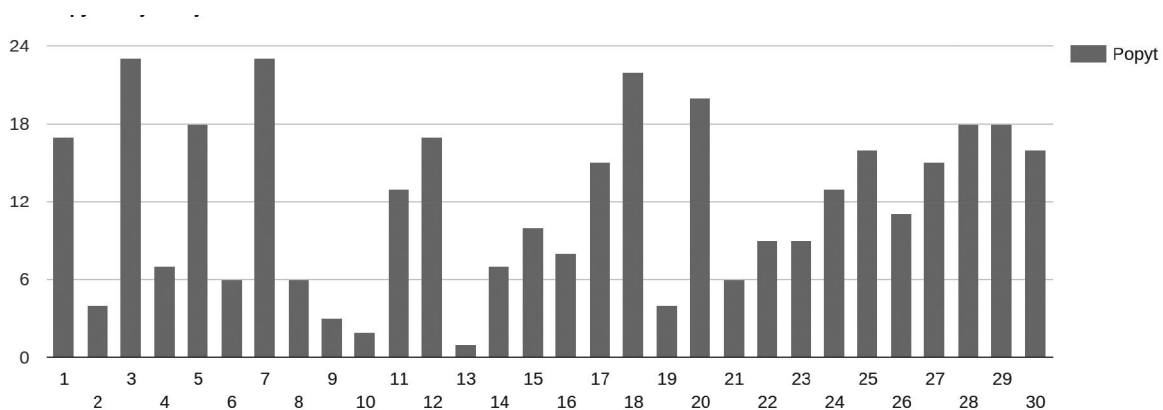
Czas symulacji: 30 dni	Algoritm generowania zamówień:	<input checked="" type="checkbox"/> OUT ⓘ <input checked="" type="checkbox"/> LQ ⓘ 0.6 B-wzmocnienie <input checked="" type="checkbox"/> (s,S) ⓘ 5 Wartość poniżej której zamawiać "s" 85 Maksymalna ilość zamówionych "S" <input type="checkbox"/> (r,Q) ⓘ
Zamówienia oczekujące: 0 % zamówień utraconych ⓘ		Minimalna ilość zamówienia: 0-20 Minimalna ilość zamówienia ⓘ
Popyt > Pojemność magazynu?: <input checked="" type="checkbox"/>		
Typ funkcji popytu ⓘ: <input type="radio"/> Funkcja stała $y=const$ <input type="radio"/> Funkcja liniowa $y=Ax+B$ <input checked="" type="radio"/> Popyt zmienny z przedziału $[[a,b]]$ <input type="radio"/> Funkcja okresowa $Asin(Bx)+C$ <input type="radio"/> Funkcja logarytmiczna $Ln$		
Parametry Najmniejsza wartość popytu a: 0 Największa wartość popytu b: 25		

Nazwa towaru	Dostawca	% ⓘ	Koszt dostawy ⓘ	Czas dostawy ⓘ	Stan początkowy	Pojemność
Towar 1	<input checked="" type="checkbox"/> Dostawca 1, 13 PLN ⓘ	30	0.9	<input type="radio"/> Stały czas dostawy <input checked="" type="radio"/> Czas dostawy zmienny z przedziału $[[a,b]]$ <input type="radio"/> Czas dostawy zależny od dostawcy Minimalny czas dostawy a: 2 Maksymalny czas dostawy b: 5	50	100
	<input checked="" type="checkbox"/> Dostawca 2, 11 PLN ⓘ	70	1.1	<input type="radio"/> Stały czas dostawy <input checked="" type="radio"/> Czas dostawy zmienny z przedziału $[[a,b]]$ <input type="radio"/> Czas dostawy zależny od dostawcy Minimalny czas dostawy a: 1 Maksymalny czas dostawy b: 3		

Źródło: opracowanie własne na podstawie aplikacji.

Rysunek 2

Funkcja popytu dla losowych wartości uzyskanych metodą rand () w czasie 30 dni



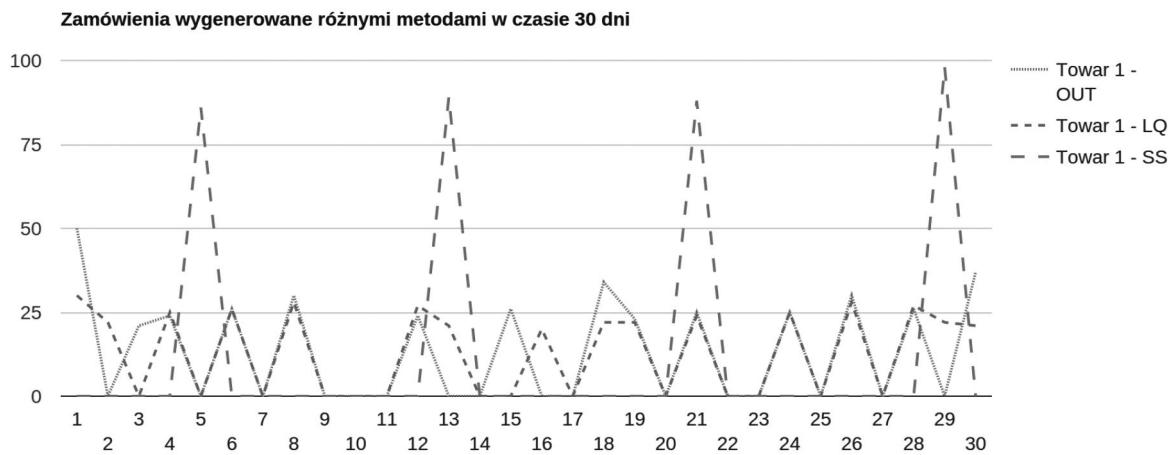
Źródło: opracowanie własne na podstawie aplikacji.

OUT oraz LQ zapewniają ilość towaru wystarczającą na pokrycie popytu oraz nieprzekraczającą pożądaną maksymalną ilość zapasów (rys. 5). Z kolei mała ilość zamówień wygenerowana za pomocą algorytmu  $(s, S)$  powoduje, że wielokrotnie brakuje towaru w magazynie. Zgodnie z przyjętym założeniem nadmiar popytu (czyli część zamówień od klientów, które w danym dniu nie mogą być zrealizowane) został oznaczony na wykresie wartościami ujemnymi i zostanie zaspokojony w kolejnym dniu.

Rysunek 6 stanowi tabelaryczne zestawienie całkowitych kosztów dostaw (za cały symulowany okres) poniesionych w przypadku wprowadzenia parametru minimalnej ilości towaru zamawianego jednorazowo u dostawców. W tabeli wyświetlane są wyniki wyłącznie w sytuacji zmiany kosztów, tj. przykładowo przy zastosowaniu OUT dla braku minimalnego zamówienia (czyli równego 0) lub równego 1 czy 2 sztuki osiągnięta jest taka sama wartość 55,3 PLN. W przypadku algorytmu OUT nastąpiła

Rysunek 3

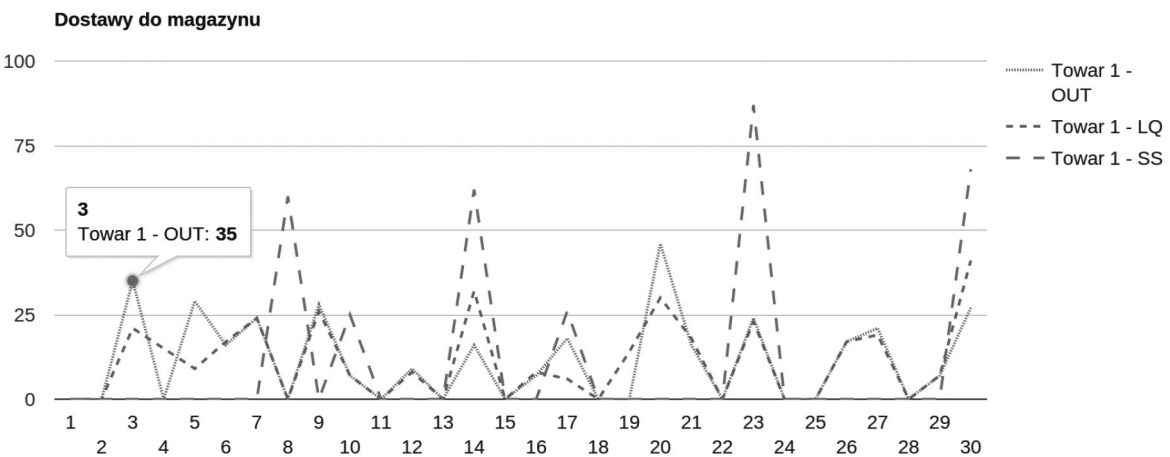
Wygenerowane zamówienia u dostawców



Źródło: opracowanie własne na podstawie aplikacji.

Rysunek 4

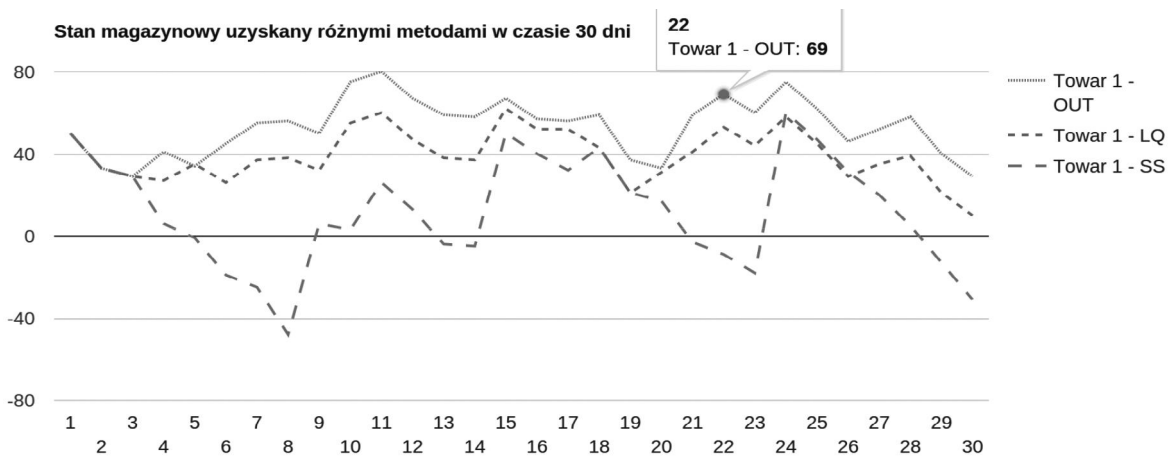
Realizacja zamówień od dostawców



Źródło: opracowanie własne na podstawie aplikacji.

Rysunek 5

Poziom zasobów w magazynie



Źródło: opracowanie własne na podstawie aplikacji.

## Rysunek 6

### Wpływ parametru minimalnego zamówienia na koszty dostaw

Minimalne zamówienie	Wartość minimalna zamówienia - Łączny koszt dostaw w symulacji
out	Minimalne zamówienie: 0, Łączny koszt dostaw: 55.3, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 3, Łączny koszt dostaw: 53.1, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 4, Łączny koszt dostaw: 54, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 5, Łączny koszt dostaw: 50, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 6, Łączny koszt dostaw: 46, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 7, Łączny koszt dostaw: 44, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 8, Łączny koszt dostaw: 42, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 9, Łączny koszt dostaw: 40, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 11, Łączny koszt dostaw: 36, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 12, Łączny koszt dostaw: 34, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 15, Łączny koszt dostaw: 30, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 16, Łączny koszt dostaw: 28, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0
lq	Minimalne zamówienie: 0, Łączny koszt dostaw: 60, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 5, Łączny koszt dostaw: 58, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 8, Łączny koszt dostaw: 52, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 9, Łączny koszt dostaw: 50, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 10, Łączny koszt dostaw: 48, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 11, Łączny koszt dostaw: 44, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 13, Łączny koszt dostaw: 42, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 14, Łączny koszt dostaw: 40, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 15, Łączny koszt dostaw: 38, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 16, Łączny koszt dostaw: 34, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 18, Łączny koszt dostaw: 32, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0 Minimalne zamówienie: 20, Łączny koszt dostaw: 28, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 0
ss	Minimalne zamówienie: 0, Łączny koszt dostaw: 8, ilość dni z ujemnym stanem magazynu: 14

Źródło: opracowanie własne na podstawie aplikacji.

więc redukcja kosztów o 49%, przy LQ uzyskano 53% spadek, zaś zastosowanie sterowania ( $s$ ,  $S$ ) nie miało wpływu na koszty ze względu na strukturę tej metody. Odpowiedni dobór strategii zarządzania zasobami oraz wielkości minimalnego zamówienia może zatem przyczynić się do nawet znacznego obniżenia kosztów transportu.

## Podsumowanie

Zaprezentowana aplikacja do badania zjawisk dynamicznych występujących w logistycznych łańcuchach dostaw umożliwia analizowanie przepływu towarów pomiędzy dostawcami, centrum logistycznym i odbiorcami. Zasoby centrum logistycznego są wykorzystywane do zaspokojenia zgłaszanego po-

pytu i uzupełniane w miarę powstałych braków w magazynie poprzez zamówienia składane u jednego lub wielu dostawców. Proces przepływu towarów reguluje wybrany spośród zaimplementowanych podstawowy lub zaawansowany algorytm, z uwzględnieniem zmienności popytu oraz opóźnień powstałych na etapie transportu. Określenie minimalnej ilości towarów zamawianych jednorazowo u dostawców skutkuje tym, że koszty transportu mogą być znacząco zredukowane, a jednocześnie założenia dotyczące odpowiedniego poziomu obsługi klientów pozostaną spełnione. Wyposażenie symulatora w interfejs webowy zapewnia kompatybilność ze wszystkimi systemami operacyjnymi oraz dostęp z każdego komputera z aktywnym łączem internetowym. Aplikacja może zatem być funkcjonalnym, przystępnym i przede wszystkim skutecznym narzędziem służącym do wspomagania optymalizacji procesu zarządzania zasobami.

## Bibliografia

- AJAX tutorial: <http://www.w3schools.com/ajax/default.asp>.  
 Chołodowicz, E., Orłowski, P. (2015). Sterowanie przepływem towarów w magazynie z wykorzystaniem predyktora Smitha. *Pomiary Automatyka Robotyka*, 19(3), 55–60, DOI: 10.14313-PAR\_217/55.  
 Ignaciuk, P., Bartoszewicz, A. (2010a). Modelowanie procesów logistycznych w przestrzeni stanu. *Logitrans*, Szczyrk, 131–141.  
 Ignaciuk, P., Bartoszewicz, A. (2010b). Linear-quadratic optimal control strategy for periodic-review inventory systems. *Automatica*, 46(12), 1982–1993.  
 Ignaciuk, P., Bartoszewicz, A. (2012). Sliding mode dead-beat control of perishable inventory systems with multiple suppliers. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 9(2), 418–423.  
 Google chart tools: <https://developers.google.com/chart>.  
 JavaScript Library [accessed: 20.04.2012], <http://jquery.com>.  
 Miler, R., Nowosielski, T., Pec, B. (2013). *Optymalizacja systemów i procesów logistycznych* (tom 28). CeDeWu.

- Minner, S. (2003). Multiple-supplier inventory models in supply chain management: a review. *International Journal of Production Economics*, (81–82), 265–279.
- Ortega, M., Lin, L. (2004). Control theory applications to the production-inventory problem: a review. *International Journal of Production Research*, 42 (11), 2303–2322.
- Rogaliński, K., Bartoszewicz, A., Ignaciuk, P. (2011). Aplikacja do badania dynamiki procesów logistycznych. *Logistyka*, (3).
- Sarimveis, H., Patrinos, P., Tarantili, C.D., Kiranoudis, C.T. (2008). Dynamic modelling and control of supply chain systems: a review. *Computers and Operations Research*, 35(11), 3530–3561.
- Silver, E.A., Pyke, D.F., Peterson, R. (1998). *Inventory management and production planning and scheduling*. John Wiley & Sons.
- Waters, D. (2003). *Inventory control and management*. West Sussex. John Wiley & Sons.

## PWE poleca

ZIP
ZARZĄDZANIE  
I INŻYNIERIA  
PRODUKCJI

Zbigniew Banaszak  
Sławomir Kłos  
Janusz Mleczko

# Zintegrowane systemy zarządzania



Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne

**nowość**

Podręcznik stanowi usystematyzowane kompendium wiedzy z zakresu teorii i praktyki zintegrowanych informatycznych systemów zarządzania wsparte wieloma studiami przypadków. Omówiono w nim: zagadnienia automatyzacji metod technicznego i organizacyjnego przygotowania produkcji, planowania zapotrzebowania materiałowego, zarządzania zdolnościami produkcyjnymi, zarządzania procesowego i sterowania operatywnego oraz struktury i funkcjonowania informatycznych zintegrowanych systemów zarządzania MRP I, MRP II i ERP.

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