REDUNDANCJA W SYSTEMACH DOSTAW

Wacław GIERULSKI, Sławomir LUŚCIŃSKI, Ryszard SERAFIN

Streszczenie: W praktyce wyboru dostawców stosowane są systemy redundantne, w których ten sam asortyment dostarczany jest przez dwóch dostawców. Podział ilościowy bywa nierównomierny i zakłada dostawcę dominującego, który w większym stopniu spełnia wymagania. W prezentowanej pracy pokazano uzasadnienie dla stosowania takiego systemu oparte na analizach statystycznych, w którym jako kryterium podziału przyjęto minimalizację skutków zaburzeń w dostawach.

Słowa kluczowe: niezgodności dostaw, system dwóch dostawców, miary statystyczne, rozwiązanie optymalne, eksperymenty symulacyjne.

1. Wstęp

Wybór i ocena dostawców jest ważnym zagadnieniem, szczególnie w przypadku dążenia do redukcji zapasów w systemach produkcji masowej. Wymagana jest wtedy pełna zgodność dostaw z zamówieniami, a wszelkie zaburzenia mogą niekorzystnie wpływać na realizacje procesu produkcyjnego. W procedurze wyboru dostawców przeprowadzana jest ocena przed rozpoczęciem dostaw, uzupełniana poprzez późniejsze okresowe weryfikacje [8]. W przypadku powtarzalnych dostaw może być stosowana ocena, która wykorzystuje miary statystyczne. Jest to zgodne z koncepcją zarządzania ryzykiem dostaw [7], która uzależnia współpracę z dostawcami od wyników analizy danych uzyskanych z poprzednio realizowanych dostaw.

Istnieją systemy, w których zaopatrzenie w ten sam asortyment produktów zapewnia równolegle dwóch dostawców. Jest to jeden ze sposobów zmniejszania niepewności dostaw poprzez wprowadzenie pewnego rodzaju redundancji w systemie zaopatrzenia. Podział zamówienia pomiędzy dostawców może być równomierny, ale często w takich systemach przyjmuje się podział przy którym jeden z nich pełni dominującą rolę i dostarcza zdecydowanie większą ilość a drugi zdecydowanie mniejsza ilość produktów. Ocena dostawców przeprowadzana okresowo może zmienić tą proporcje podziału. Argumentem dla takiego podziału jest wprowadzenie konkurencji pomiędzy dostawcami, brak natomiast uzasadnienia, że taki podział jest optymalny. Można podjąć próbę określenia optymalnego podziału zamówień pomiędzy dostawców zgodnie z pewnym jednoznacznie określonym kryterium. W proponowanej tutaj metodzie kryterium dotyczy minimalizacji zmienności wynikającej z niezgodności dostaw. Oczywiście tego rodzaju podejście może być stosowane tylko w przypadku produkcji masowej, gdy dostawy tego samego asortymentu realizowane są wielokrotnie przez długie okresy czasu.

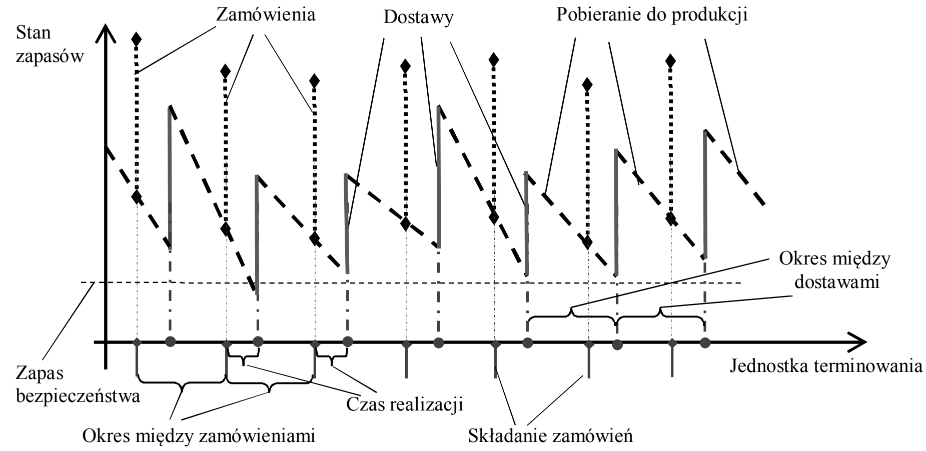
2. Podział zamówień pomiędzy dostawców

Wykorzystywanie dwóch źródeł dostaw dla tego samego produktu zwiększa bezpieczeństwo w procesie zaopatrzenia. Łatwiej w takim systemie unikać problemów z zaopatrzeniem w przypadku niewywiązywania się jednego z dostawców ze swoich zobowiązań dotyczących ilości i jakości dostarczanych produktów. Jest wtedy do dyspozycji drugi dostawca, który może łagodzić powstałe problemy. Jednak nawet w przypadku realizacji zamówień zgodnie z ustaleniami, dostawy obarczone są pewnymi niezgodnościami o charakterze losowym. Niezgodności w dostawach powodują, że ilości przyjmowanych do magazynu produktów są mniejsze od zamawianych. Wynika to z mniejszej niż zamawiana ilości, oraz nieakceptowanej jakości części dostarczanych produktów.

W racjonalnej gospodarce magazynowej ze względu na koszty, stan zapasów łącznie z zapasem bezpieczeństwa powinien być utrzymywany na niskim poziomie przy zagwarantowaniu ciągłości produkcji. Ważnym czynnikiem zmniejszającym poziom zapasów jest zmniejszenie w dostawach zmienności o charakterze losowym co można osiągnąć przez odpowiedni dobór współczynnika podziału zamówień pomiędzy dwóch dostawców.

Zmienności dotyczące dostaw w wymiarze statystycznym są cechą dostawców. Opisuje to probabilistyczny model oceny dostawców [1], który określa miary zmienności w formie rozkładów prawdopodobieństwa. Model ten zakłada, że zmienność w dostawach, której miarą jest wariancja (lub odchylenie standardowe) jest stałą cechą dostawcy.

W przedstawionej metodzie wyznaczania współczynnika podziału pomiędzy dwóch dostawców analizy teoretyczne prowadzone są dla strategii zaopatrzeniowej o stałej wielkości zamówień [3]. W praktyce strategia taka zakłada także stały okres pomiędzy dostawami i nie uwzględnia bieżących stanów zapasów oraz prognozowanego zapotrzebowania [8]. Jest to prosty system zaopatrzenia stosowany głównie w przypadku stabilnych sytuacji dotyczących wielkości produkcji i niezgodności występujących w realizowanych dostawach. Zamawiane produkty przyjmowane są do magazynu po upływie czasu określonego jako czas realizacji. Ilości produktów przyjmowane do magazynu mimo stałych wielkości zamówień nie są stałe, są mniejsze od ilości zamawianych na skutek występujących niezgodności o losowym charakterze (rys. 1).



Rys. 1. Model dostaw ze stała wielkością zamówień
Źródło: opracowanie własne

W metodzie wyznaczania optymalnego współczynnika podziału zamówień pomiędzy dwóch dostawców analizowana jest zmienność, która wynika z niedoborów spowodowanych niekompletnością oraz nieodpowiednią jakością dostaw. Przyjęto założenie, że znane są parametry statystyczne charakteryzuje zmienność niedoborów każdego dostawcy [4, 9]. Dla przeprowadzenia teoretycznych rozważań przyjęto następujące oznaczenia:

X – ilość zamawianego produkty
γ – współczynnik podziału zamówienia pomiędzy dwóch dostawców,
X1 – ilość produktu dobrej jakości przyjmowany od dostawcy 1,
X2 – ilość produktu dobrej jakości przyjmowany od dostawcy 2,
Y1 – niezgodności dotyczące ilości produktu od dostawcy 1,
Y2 – niezgodności dotyczące ilości produktu od dostawcy 2.

Niedobory wynikające z niezgodności, oznaczane jako *Y1*, *Y2* są to zmiennymi losowymi i odnoszą się do całkowitej wielkości zamówienia oznaczanego jako *X*. Tak więc ilości produktów przyjmowanych do magazynu z uwzględnieniem występujących niezgodności (także zmienne losowe) w przypadku zakupów realizowanych w całości przez jednego dostawcę są następujące:

$$X1 = X - Y1 \quad jeżeli \quad X2 = 0 \tag{1}$$

$$X2 = X - Y2 \quad jeżeli \quad X1 = 0 \tag{2}$$

Natomiast w przypadku realizacji zamówienia przez dwóch dostawców, po uwzględnieniu współczynnika podziału γ ilości przyjmowane od każdego z nich wynoszą odpowiednio:

$$X1 = \gamma \cdot (X - Y1) \tag{3}$$

$$X2 = (1 - \gamma) \cdot (X - Y2) \tag{4}$$

Dla wyznaczenia wariancji będącej miarą zmienności łącznej dostawy wyznaczana jest wariancja sumy dostaw *X1*, *X2*.

$$\sigma^2(X1 + X2) = \sigma^2[\gamma \cdot (\mathrm{X} - Y1) + (1 - \gamma) \cdot (\mathrm{X} - Y2)] \tag{5}$$

Dla modelu realizacji zaopatrzenia o stałej wielkości zamawianej partii (rys. 1), która obejmuje łączną wielkość zamówienia, obowiązuje warunek:

$$X = const \tag{6}$$

Po uwzględnieniu podstawowych własności dotyczących wariancji [10] wykonując proste przekształcenia otrzymano:

$$\sigma^2(X1 + X2) = \sigma^2[\gamma \cdot Y1 + (1 - \gamma) \cdot Y2] \tag{7}$$

Następnie wykorzystując wzór dla wariancji sumy zmiennych losowych, po przekształceniach otrzymano następujące wyrażenie, w którym *cov* oznacza kowariancję zmiennych losowych.

$$\sigma^2(X1 + X2) = \sigma^2(\gamma \cdot Y1) + \sigma^2((1 - \gamma) \cdot Y2) + cov(\gamma \cdot Y1, (1 - \gamma) \cdot Y2) \tag{8}$$

Oznaczając symbolem E wartość oczekiwaną zmiennej losowej (wartość średnia), wyrażenie określające kowariancje może być obliczone jako:

$$cov(\gamma \cdot Y1, (1-\gamma) \cdot Y2) = E(\gamma \cdot Y1 \cdot (1-\gamma) \cdot Y2) - E(\gamma \cdot Y1) \cdot E((1-\gamma) \cdot Y2) \quad (9)$$

Skąd ostatecznie, po odpowiednich przekształceniach otrzymano zależność określającą poszukiwaną wariancję sumy dostaw z uwzględnieniem współczynnika podziału:

$$\sigma^2(X1 + X2) = \gamma^2 \sigma^2(Y1) + (1-\gamma)^2 \sigma^2(Y2) +$$
$$+\gamma \cdot (1-\gamma) \cdot E(Y1 \cdot Y2) - \gamma \cdot (1-\gamma) \cdot E(Y1) \cdot E(Y2) \quad (10)$$

Obliczona w ten sposób wariancja sumy zmiennych losowych *X1*, *X2*, może być traktowana jako funkcja współczynnika podziału γ:

$$\sigma^2(X1 + X2) = f(\gamma) \quad (11)$$

$$f(\gamma) = \gamma^2 \cdot A + \gamma \cdot B + C \quad (12)$$

Gdzie wprowadzonym dla uproszczenia zapisu parametrom *A*, *B*, *C* przypisano następujące wyrażenia:

$$A = \sigma^2(Y1) + \sigma^2(Y2) - [E(Y1 \cdot Y2) - E(Y1) \cdot E(Y2)] \quad (13)$$

$$B = -2 \cdot \sigma^2(Y2) + [E(Y1 \cdot Y2) - E(Y1) \cdot E(Y2)] \quad (14)$$

$$C = \sigma^2(Y2) \quad (15)$$

Funkcja $f(\gamma)$ może posiadać ekstremum (minimum albo maksimum), dla wartości argumentu γ, przy którym pochodna pierwszego rzędu przyjmuje wartość zerową, czyli:

$$\frac{\mathrm{d}f(\gamma)}{\mathrm{d}\gamma} = 2 \cdot \gamma \cdot A + B = 0 \quad (16)$$

Natomiast warunkiem koniecznym, żeby było to minimum funkcji jest dodatnia wartość pochodnej drugiego rzędu:

$$\frac{\mathrm{d}^2 f(\gamma)}{\mathrm{d}\gamma^2} = 2 \cdot A > 0 \quad czyli \quad A > 0 \quad (17)$$

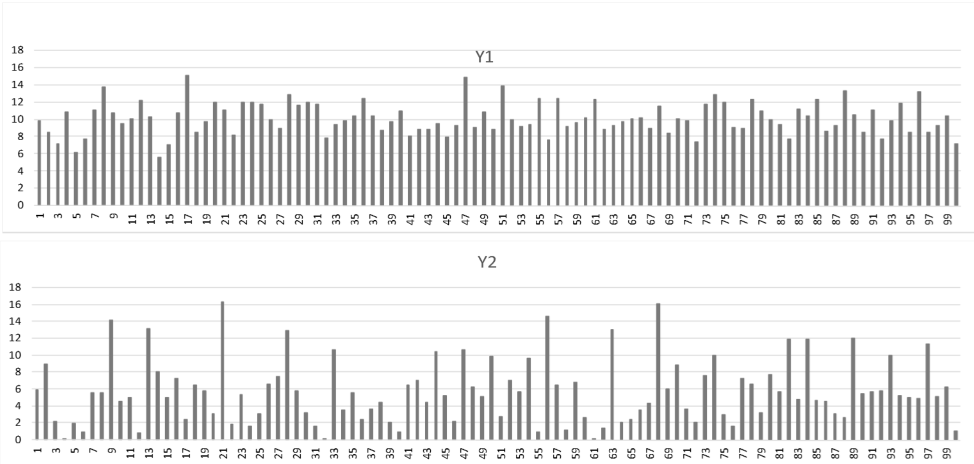
Po spełnieniu tego warunku dotyczącego parametru *A*, można obliczyć optymalną wartość współczynnika podziału γ, czyli taką przy której występuje minimalna zmienność niezgodności dostaw:

$$\gamma_{opt} = -\frac{B}{2A} \quad (18)$$

Ponieważ miarą zmienności w przeprowadzanej analizie jest wariancja, jest to wartość γ dla której wariancja σ^2 oraz związane z nią odchylenie standardowe σ sumy zmiennych *X1*, *X2* przyjmuje minimalną wartość.

3. Przykład numeryczny

Praktyczne działania dla wyznaczanie optymalnego współczynnika podziału można pokazać na prostym przykładzie bazującym na eksperymencie numerycznym [3]. W tym celu wygenerowano dwa sygnały losowe *Y1* oraz *Y2* o rozkładzie normalnym (rys. 2), które obrazują niezgodności występujące w dostawach. Sygnały losowe otrzymano wykorzystując pakiet *Vensim* [5], który posiada wbudowany generator liczb losowych o rozkładzie normalnym.



Rys. 2. Sygnały *Y1*, *Y2* w eksperymencie numerycznym
Źródło: opracowanie własne

Dla wygenerowanych przykładowych danych (rys. 2) obliczono odpowiednie parametry statystyczne, wyznaczono współczynniki A, B, C oraz optymalną wartość współczynnika podziału *γ*. Obliczenia przeprowadzono z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego Excel, a uzyskane wyniki zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Obliczanie współczynnika podziału

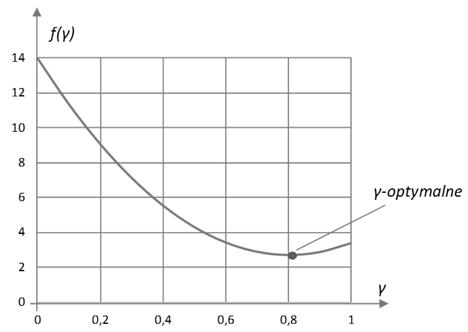
Parametry statystyczne			Wyniki	
Wielkość	Wartość		Współczynnik	Wartość
$\sigma^2(Y1)$	13,974		*A*	17,461
$\sigma^2(Y2)$	3,355		*B*	-28,078
E(Y1)	10,113		*C*	13,974
E(Y2)	5,671			
*E(Y1*Y2)*	*57,216*		*γ - optymalne*	*0,8041*

Źródło: opracowanie własne

Spełnienie warunku (A > 0) wskazuje, że współczynnik *γ* przyjmuje wartość optymalną, dla której podział zamówień zapewnia minimalną wartość wariancji, czyli najmniejszą zmienność. Uwzględniając otrzymane wyniki, wariancja wyrażona w funkcji współczynnika *γ* ma następującą postać:

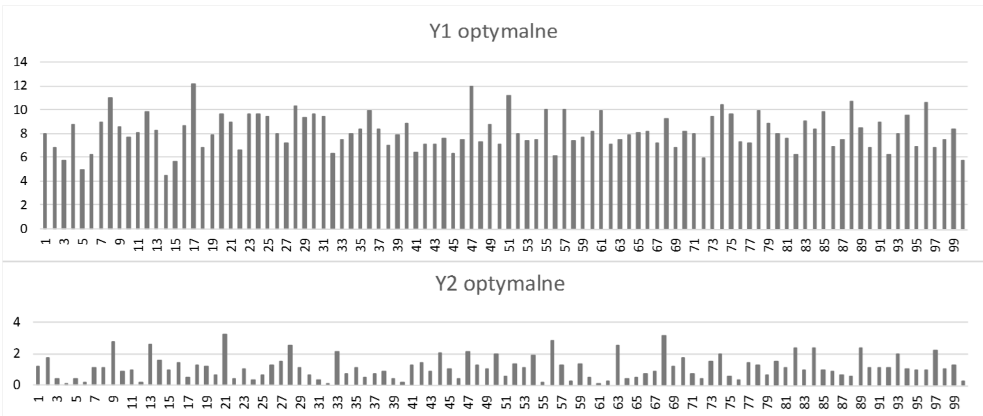
$$\sigma^2(X1 + X2) = f(\gamma) = 17{,}461 \cdot \gamma^2 - 28{,}078 \cdot \gamma + 13{,}974 \tag{19}$$

Na rys. 3 pokazano wykres funkcji *f(γ)*, czyli wariancję sumy dostaw (*X1+X2*) w funkcji współczynnika podziału *γ*. Wariancja dla optymalnej wartości współczynnika podziału wynosi 2,6864 a odchylenie standardowe 1,6390.



Rys. 3. Wariancja w funkcji współczynnika podziału (przykład numeryczny)
Źródło: opracowanie własne

Wyniki analizy wskazują, że optymalna wartość wskaźnika podziału *γ* wynosi 0,8041 (w przybliżeniu 0,8), czyli dostawca 1 powinien dostarczać 80% produktów a dostawca 2 pozostałe 20%. Na rys. 4 pokazano wielkości niezgodności dla warunków optymalnego podziału.

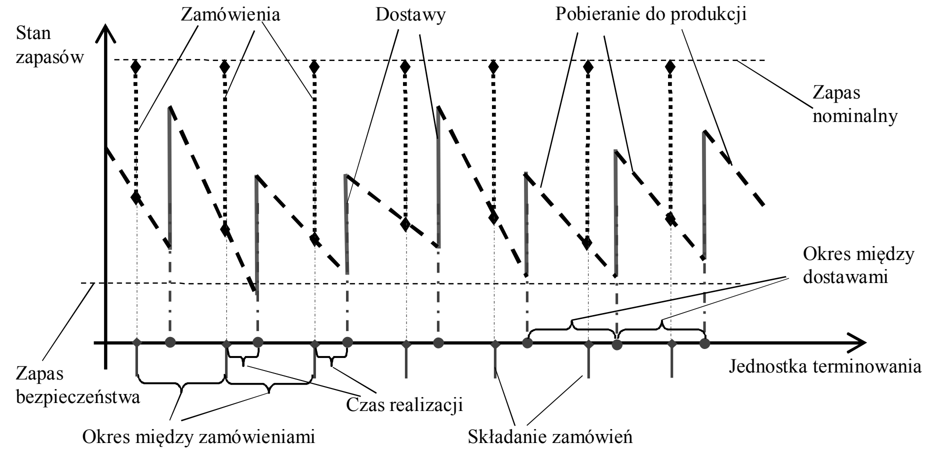


Rys. 4. Sygnały dla optymalnej wartości współczynnika podziału
Źródło: opracowanie własne

4. Zmienne wielkości dostaw

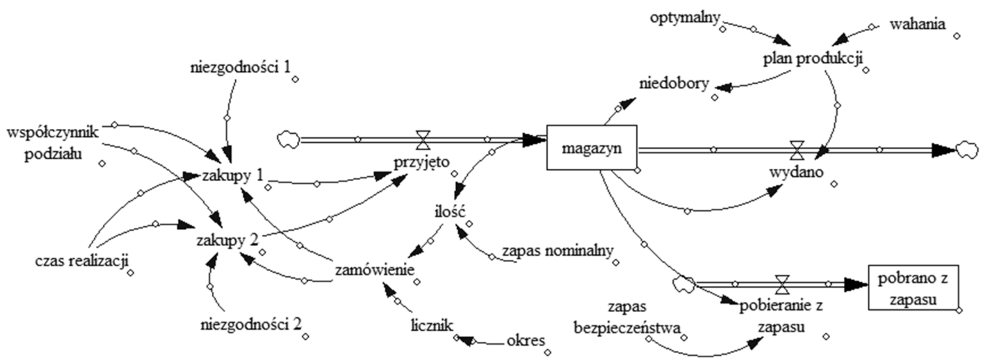
Wyznaczenie optymalnej wartości współczynnika *γ* w sposób analityczny jest możliwe tylko dla modelu zaopatrzenia o stałej ilości zamawianego produktu (warunek 6). W przypadku innych modeli zaopatrzenia poszukiwanie rozwiązania możliwe jest na drodze eksperymentalnej poprzez wybór wartości współczynnika, który zapewni najmniejszą zmienność niezgodności. Mogą to być symulacyjne eksperymenty komputerowe wykonywane z uwzględnieniem wybranej strategii zaopatrzeniowej oraz parametrów statystycznych charakteryzujących zmienność niedoborów każdego dostawcy

Jedną z często stosowanych strategii realizuje system dostaw o stałym okresie pomiędzy zamówieniami i zmiennej ilości zależnej od stanów magazynowych [8]. Ilość zamawianego produktu ma dopełnić stan magazynowy do poziomu zapasu nominalnego. Ilość ta jest określana w momencie składania zamówienia (rys. 5).



Rys. 5. Model dostaw ze zmienną wielkością zamówień
Źródło: opracowanie własne

W chwili dostawy stan zapasów w magazynie jest niższy o produkty pobrane do produkcji w czasie pomiędzy momentem składania zamówienia i momentem realizacji dostawy. Ponadto dostawy mogą być pomniejszone o ilość spowodowaną niezgodnościami. Na rys. 6 przedstawiono model symulacyjny zbudowany w programie *Vensim* realizujący taki system dostaw [2, 5].



Rys. 6. Model symulacyjny w programie *Vensim*
Źródło: opracowanie własne

W tabeli 2 zamieszczono zestawienie zmiennych występujących w modelu symulacyjnym łącznie z wiążącym je zależnościami. Pominięto natomiast przypisane tym zmiennym jednostki miar.

Tabela 2. Zmienne modelu symulacyjnego

Lp.	Zmienne	Opis
	1. Bloki całkujące (sumujące)	
1.1	magazyn = przyjęto – wydano wartość początkowa = 50	Stan zapasów w magazynie
1.2	pobrano z zapasu = pobieranie z zapasu wartość początkowa = 0	Łączna ilość pobrana z zapasu bezpieczeństwa
	2. Zależności funkcyjne	
2.1	wydano = IF THEN ELSE(magazyn>=plan produkcji, plan produkcji, magazyn)	Ilość produktów pobieranych z magazynu
2.2	niedobory = IF THEN ELSE (magazyn<plan produkcji, plan produkcji – magazyn, 0)	Ilość brakujących w magazynie produktów potrzebnych dla realizacji planu produkcji
2.3	zamówienie = IF THEN ELSE(licznik=1, ilość, 0)	Określenie terminu składania zamówienia
2.4	licznik = PULSE TRAIN(0, 1, okres, 50)	Licznik dla określania terminów składania zamówienia
2.5	ilość = IF THEN ELSE(magazyn<zapas nominalny, zapas nominalny-magazyn, 0)	Wielkość zamówienia dla jednej partii dostaw
2.6	wahania = INTEGER(RANDOM UNIFORM(-5, 5, 0))	Część losowo zmienna planu produkcyjnego
2.7	plan produkcji = optymalny + wahania	Plan produkcji jako suma części stałej i losowo zmiennej
2.8	zakupy 1 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(zamówienie>0, INTEGER(współczynnik podziału*(zamówienie-niezgodności 1)), 0), czas realizacji, 0)	Produkty spełniające wymagania jakościowe dostarczone przez dostawcę 1
2.9	zakupy 2 = DELAY FIXED(IF THEN ELSE(zamówienie>0, INTEGER((1-współczynnik podziału)*(zamówienie-niezgodności 2)), 0), czas realizacji, 0)	Produkty spełniające wymagania jakościowe dostarczone przez dostawcę 1
2.10	niezgodności 1 = INTEGER(RANDOM NORMAL(2, 25, 11, 2, 0))	Niezgodności dostawcy 1 – zmienna losowa
2.11	niezgodności 2 = INTEGER(RANDOM NORMAL(0, 20, 12, 4, 0))	Niezgodności dostawcy 2 – zmienna losowa
2.12	przyjęto = zakupy 1+zakupy 2	Produkty przyjęte do magazynu
2.13	pobieranie z zapasu = IF THEN ELSE(magazyn<zapas bezpieczeństwa, zapas bezpieczeństwa-magazyn, 0)	Ilość produktu pobierana z zapasu bezpieczeństwa
	3. Wartości stałe	
3.1	współczynnik podziału = 0, 0.1, 0.2,……..0.8, 0.9, 1	Podział pomiędzy dostawców
3.2	optymalny = 12	Część stała planu produkcji
3.3	okres = 3	Czas pomiędzy zamówieniami
3.4	czas realizacji = 2	Czas realizacji zamówienia
3.5	zapas nominalny = 70	
3.6	zapas bezpieczeństwa = 15	

Źródło: opracowanie własne

Centralnym elementem modelu jest blok sumujący „magazyn” do którego dostarczane są produkty „przyjęto” i z którego pobierane są produkty „produkcja”. Pobieranie produktów jest zgodne z planem produkcji o ile nie występują niedobory w magazynie. W modelu generowany jest losowo zmienny plan produkcji, w którym występują pewne ograniczone wahania wokół wartości optymalnej. Zamówienia produktów wystawiane są cyklicznie w ustalonych okresach czasu. Zakupy realizowane są z pewnym opóźnieniem względem zamówień wynikającym z koniecznego czasu realizacji. Zakupione produkty dostarczane są przez dwóch dostawców w ilościach obliczanych w blokach „zakupy 1” oraz „zakupy 2”. Podział pomiędzy dostawców określa parametr określany w bloku „współczynnik podziału”. W blokach „niezgodności 1” oraz „niezgodności 2” określane są w formie funkcji losowych udziały niedoborów w dostawach. Pozawala to na obliczenie rzeczywiście dostarczanych do magazynu produktów. Dla magazynu określany jest zapas bezpieczeństwa jako poziom, który powinien być naruszany tylko w wyjątkowych sytuacjach. W modelu zmienna „pobieranie z zapasu” pokazuje kolejne wielkości naruszenia zapasu bezpieczeństwa a w bloku „pobrano a zapasu” obliczana jest całkowita ilość produktów pobieranych z zapasu bezpieczeństwa w analizowanym okresie. Tą całkowita ilość produktów pobieranych z zapasu bezpieczeństwa przyjęto jako miarę przy doborze współczynnika podziału. Tak więc współczynnik podziału powinien być dobierany tak, żeby łączna ilość produktów pobieranych z zapasu bezpieczeństwa była najmniejsza.

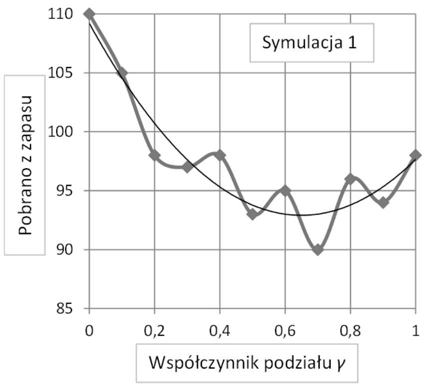
W symulacjach komputerowych korzystając z modelu przedstawionego na rys. 6 badano proces zaopatrzenia magazynu do którego dostarczane są zamawiane produkty i z którego pobierane są produkty potrzebne do produkcji. Spośród szeregu przeprowadzonych symulacji pokazano tutaj dwa przypadki, nazywane „Symulacja 1” oraz „Symulacja 2”.

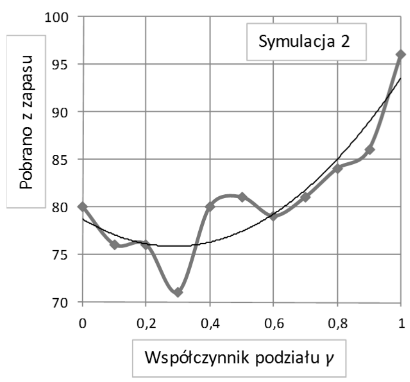
Symulacje przeprowadzano dla wartości współczynnika podziału γ z zakresu <0,1> zmienianej z krokiem 0,1. W wyniku wyznaczono zależność pomiędzy ilością pobieranych produktów a współczynnikiem podziału. Zależność tą przedstawiono w postaci tabelarycznej (tabela 3) oraz w postaci wykresów (rys. 7).

Tabela 3. Wyniki badań symulacyjnych

Pobrano z zapasu	Współczynnik podziału γ										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Symulacja 1	110	105	98	97	98	93	95	90	96	94	98
Symulacja 2	80	76	76	71	80	81	79	81	84	86	96

Źródło: opracowanie własne





Rys. 7. Wykorzystywanie zapasu bezpieczeństwa
Źródło: opracowanie własne

Na rysunkach zamieszczono dodatkowo linie trendu. Skorzystano tutaj z narzędzia Excela wybierając trend wielomianowy. Równania linii trendu dla symulacji 1 (Z_1) oraz symulacji 2 (Z_2) przyjmują następującą postać:

$$Z_1 = 38{,}576 \cdot \gamma^2 - 50{,}124 \cdot \gamma + 0{,}6496 \tag{20}$$

$$Z_2 = 34{,}848 \cdot \gamma^2 - 20{,}03 \cdot \gamma + 78{,}727 \tag{21}$$

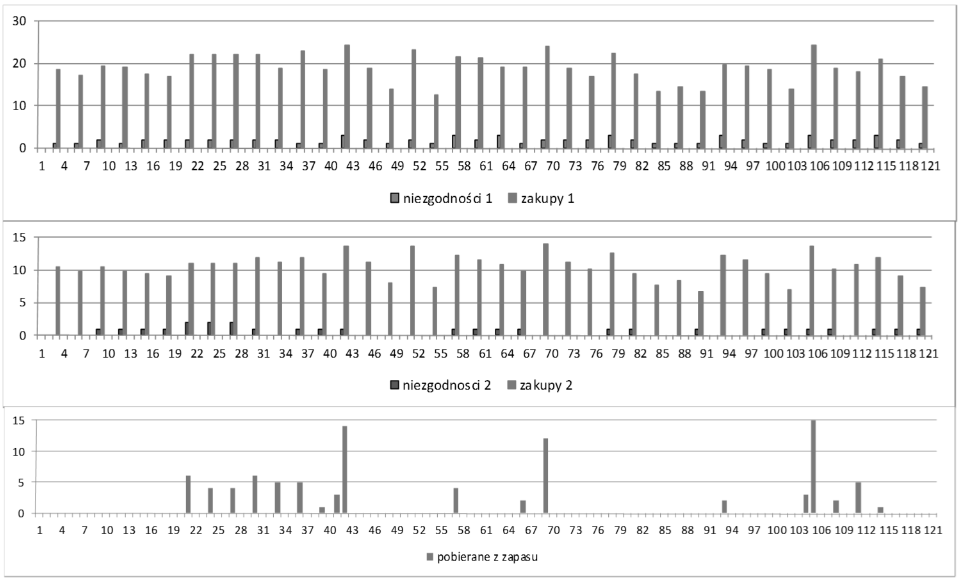
Z równań tych można obliczyć optymalne wartości współczynnika γ dla którego zmienna Z_1 oraz Z_2 przyjmuje wartość minimalną. Wyniki zamieszczono w tabeli 4 gdzie dodatkowo drogą symulacji wyznaczono wielkości wykorzystywanego zapasu bezpieczeństwa.

Tabela 4. Parametry optymalne dla przykładów symulacyjnych

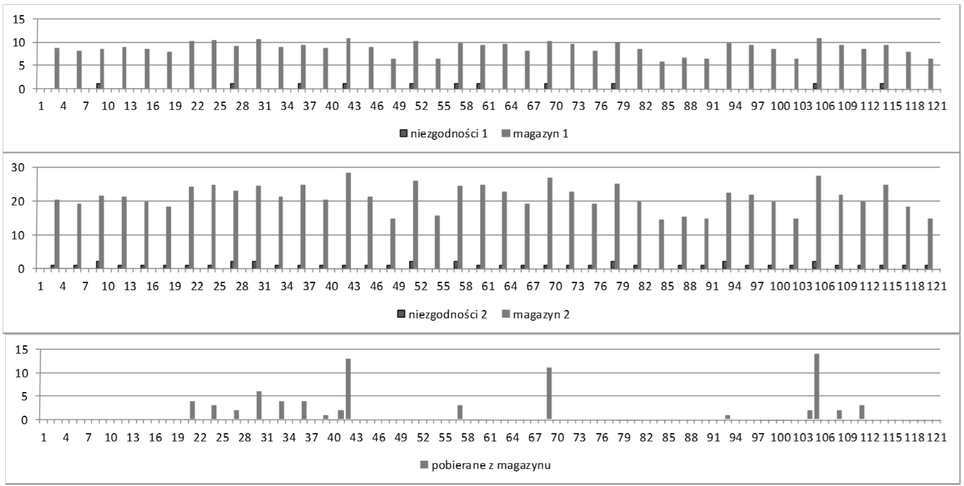
Parametry	Symulacja 1	Symulacja 2
γ - optymalne	0,649	0,287
Z – linia trendu	92,919	75,85
Z - symulacje	94	75

Źródło: opracowanie własne

Dla wyznaczonych na podstawie linii trendu wartości współczynnika podziału przeprowadzono symulacje weryfikujące wynik analizy. Wyniki w postaci graficznej przedstawiono na rys. 8 (symulacja 1) oraz rys. 9 (symulacja 2). Wyniki liczbowe zamieszczono w tabeli 4 (ostatni wiersz). Ich wartości, zbliżone do wartości teoretycznych określonych przez linie trendu wskazują na pozytywny wynik weryfikacji.



Rys. 8. Wyniki symulacji 1
Źródło: opracowanie własne



Rys. 9. Wyniki symulacji 2
Źródło: opracowanie własne

Przyjęcie ilości produktów pobieranych z zapasu bezpieczeństwa jako miarę doboru współczynnika podziału nie jest sprzeczne z poprzednim przykładem, gdzie współczynnik ten uzależniany był od wariancji. W obydwóch przypadkach efektem analizy jest możliwość zmniejszenia poziomu zapasu bezpieczeństwa co jednocześnie wiąże się z obniżeniem kosztów.

5. Podsumowanie

Przedstawiona praca wpisuje się w nabierający coraz większego znaczenia obszar nazywany inżynierią danych [6]. Rozwój technik informatycznych ułatwia obecnie gromadzenie dużych ilości danych i wykonywanie różnego rodzaju analiz wspomagających procesy decyzyjne. Zagadnienie wspomagania procesów decyzyjnych wpisane w istotę inżynierii danych jednoznacznie wiąże się z systemami zarządzania jakością. Jedna z ośmiu zasad zarządzania przedstawiona w aktualnej normie ISO 9000 wskazuje na konieczność podejmowania decyzji na podstawie faktów (zasada 7). A właśnie rzeczywiste dane w postaci ilościowej, związane z realizowanymi procesami są odzwierciedleniem faktów. Podobnie koncepcja Six Sigma przypisuje kluczowe znaczenie pomiarom będących źródłem danych co pokazuje następujące stwierdzenie: *Nie możemy poprawić czegoś, o czym nie wiemy. Nie dowiemy się, póki nie zmierzymy.*

Zaproponowana w pracy metoda określania współczynnika podziału zamówień w systemach redundantnych jest kolejną propozycją usprawniania gospodarki zaopatrzeniowej. Metoda dla przypadku stałych ilości zamawianych produktów przedstawiona w pracy [3] została tutaj rozszerzona na przypadki dowolnej strategii realizacji dostaw. Pozwala ona na obniżenie poziomu zapasów co jest zgodne z wszechobecną koncepcją odchudzania (*Lean*) w zastosowaniu do procesów produkcyjnych. Jest to także pewien przyczynek do prac nad zagadnieniami adaptacyjnego zarządzania ryzykiem dostaw w procesach produkcyjnych [7]. W pracy zamieszczono jedynie rozważania teoretyczne oraz symulacje komputerowe, natomiast następnym etapem powinna być weryfikacja przedstawionej metody w warunkach rzeczywistych dostaw.

Literatura

1. Gierulski W., Luściński S., Serafim R.: Probabilistyczne miary oceny dostawców w łańcuchu logistycznym produkcji masowej Logistyka 4/2015, str. 3363-3373.
2. Gierulski W., Luściński S., Serafim R.: Symulacja komputerowa procesów logistycznych z wykorzystaniem programu vensim. [w:] Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, pod red. R.Knosali, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015.
3. Gierulski W.: Modelowanie w inżynierii systemów. Monografia, Politechnika Świętokrzyska 2016. (w druku).
4. Jóźwiak J. Podgórski J.: Statystyka od podstaw, PWE, Warszawa 2012.
5. Krupa K.: Modelowanie symulacje i prognozowanie – systemy ciągłe. Wydawnictwo naukowo-techniczne. Warszawa 2008.
6. Luściński S.: Perspectives on data engineering: emerging role in organisation development. [w:] Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, pod red. R.Knosali, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015.
7. Serafin R.: Koncepcja systemu adaptacyjnego zarządzania ryzykiem dostaw w procesach produkcyjnych. Zarządzanie przedsiębiorstwem. Nr 3. 2013.
8. Skowronek C., Sarjusz-Wolski Z.: Logistyka w przedsiębiorstwie. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, 2003.
9. Sobczyk M.: Statystyka, PWN, Warszawa, 2007.
10. Internet: https://pl.wikipedia.org/wiki/Wariancja

Dr hab. inż. Wacław GIERULSKI, prof. nadzw. PŚk.
Dr inż. Sławomir LUŚCIŃSKI
Katedra Inżynierii Produkcji
Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego
Politechnika Świętokrzyska 25-314 Kielce, Aleja Tysiąclecia PP 7
e-mail: waclaw.gierulski@tu.kielce.pl
luscinski@tu.kielce.pl

Mgr inż. Ryszard SERAFIN
Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji
Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
Politechnika Opolska 45-370 Opole, ul. Ozimska 75
e-mail: r.serafin@po.opole.pl