



OCENA RYZYKA PROCESÓW DOSTAW Z WYKORZYSTANIEM WSPÓŁCZYNNIKÓW ZDOLNOŚCI PROCESU I KART KONTROLNYCH

Wacław Gierulski¹, Ryszard Serafin²

¹ Katedra Inżynierii Produkcji, Wydział Zarządzania i Modelowania Komputerowego, Politechnika Świętokrzyska

² Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów, Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, Politechnika Opolska

Autor korespondencyjny:

Ryszard Serafin

Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Instytut Innowacyjności Procesów i Produktów

Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki, Politechnika Opolska

ul. Ozimska 75, 45-370 Opole, Polska

telefon: +48 77 449 8849

e-mail: r.serafin@po.opole.pl

SŁOWA KLUCZOWE

ryzyko, proces dostawy, współczynniki zdolności procesu, karta kontrolna, miara ryzyka, ryzyko dostaw

THE RISK ASSESSMENT PROCESS DELIVERY USING THE COEFFICIENTS OF PROCESS CAPABILITY AND CONTROL CARDS

KEYWORDS

risk, delivery process, coefficients of process capability, control card, risk measure, the risk of supply

ABSTRACT

Dynamic control of logistic processes enterprise translates to optimize decision-coordinating supply chain. In the approach, taking into account the factors of process capability, the proposed approach is to determine the risk level of deliveries. Based on the risk maps of delivery you can determine whether there is interference and in which period took place. On this basis it is possible to make some corrective actions or corrective stabilizing the delivery process.

1. Wstęp

Pojawiające się ryzyko w podejmowanych decyzjach jest bardzo częstym zjawiskiem występującym przy realizacji procesów zachodzących w przedsiębiorstwach produkcyjnych. Właśnie przedsiębiorstwa produkcyjne w swojej specyfice działania w warunkach gospodarki rynkowej są bardzo mocno narażone na zakłócenia stabilności realizowanych wewnątrz procesów. Jest to zjawisko, które wg definicji przytaczanych w literaturze przedmiotu może prowadzić do niepożądanych strat, a tym samym przekłada się na mniejsze zyski przedsiębiorstwa. Pojawiające się ryzyko zawsze związane jest z wieloma czynnikami występującymi w procesach zachodzących w łańcuchu dostaw danego przedsiębiorstwa. Przykładem może być analizowana tematyka niniejszego artykułu, związana z realizacją procesów dostaw surowców bądź towarów potrzebnych do produkcji. Każde zakłócenie pojawiające się z przyczyn nie zawsze zależnych od nas samych może doprowadzić do strat. Decyzja o podjęciu współpracy z danym kontrahentem wiąże się z prawdopodobieństwem, że gdzieś w przeszłości nastąpi zdarzenie, które negatywnie wpłynie na realizację zamówienia. Realizowane zamówienie m.in. odnosi się do takich kryteriów jak: terminowość dostawy, jakość dostarczanego towaru,

kompletność zamówienia i wielu innych. Wszystkie te kryteria, wg których dostawy są oceniane, mają wpływ na stabilność procesu produkcyjnego. Możemy jedynie podejmować próby szacowania prawdopodobieństwa zajścia nieoczekiwanego zdarzenia w realizowanej dostawie. W konsekwencji, gdy niepożądane zdarzenie będzie miało miejsce można przyjąć, że w skutkach dla przedsiębiorstwa, efekt będzie podobny. Efektem będzie: potrzeba modyfikacji planu produkcyjnego, rozpoczęcie procesu reklamacji i rozwiązanie problemu dostawy na czas.

Ryzyko jest nieodłącznym atrybutem każdej decyzji i jest zawsze proporcjonalne do prawdopodobieństwa wystąpienia niepożądanego zdarzenia oraz do wielkości strat, jakie może wyrządzić. Jeżeli uznamy zatem, że straty są jednakowe dla każdego z kryteriów realizowanej dostawy to pozostaje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia.

2. Identyfikacja ryzyka w procesach dostaw

Dynamiczny rozwój nauki w ostatnich latach w dziedzinie zarządzania ryzykiem sprawia, że pojęcie to coraz szerzej ingeruje w różne obszary działalności przedsiębiorstw. Nieodłącznie jest już mocno związane z lo-

gistryką zaopatrzenia i procesami dostaw. W literaturze przedmiotu G.A. Zsidisin podaje, że ryzyko dostaw to *prawdopodobieństwo wystąpienia incydentu związanego z dostawami, spowodowanego awarią na rynku zaopatrzeniowym lub u poszczególnych dostawców, w rezultacie którego przedsiębiorstwo traci zdolność zaspokojenia popytu klientów* [9]. Z przykładowej definicji wynika, że wśród zagrożeń zewnętrznych często wyróżnia się ryzyko, które pojawia się po stronie dostawców. Ryzyko związane z dostawcami charakteryzuje się potencjalnymi zakłóceniami dostaw surowców, materiałów, towarów bądź usług. Zrealizowana dostawa może charakteryzować się nieodpowiednią jakością towaru, brakiem terminowości, niekompletnością dostarczonego towaru i wieloma innymi kryteriami. Badania opisywane w literaturze m.in. już w latach 60. XX w. przez Dickson'a, zaowocowały opracowaniem listy 23 kryteriów, które stanowiły podstawę do oceny dostawców [1]. Lista opracowanych kryteriów ustalona była według rangi ważności kryteriów. Dla przyjętej rangi każdego z kryteriów przypisany jest poziom wagi, o którym z praktycznego punktu widzenia, może również stanowić specyfika procesu produkcyjnego. Wagi kryteriów dobieranych do procesu analizy skuteczności dostawy są subiektywne i mogą być ustanawiane według uznania np. eksperta. Analizy i oceny procesów dostaw przeprowadza się w celu zmniejszenia ryzyka związanego z procesem dostaw. Każde zaburzenie może przełożyć się na realizację zleceń i zobowiązania względem kontrahentów danego przedsiębiorstwa.

Innym czynnikiem ryzyka identyfikowanym w łańcuchu dostaw może być ryzyko związane z popytem. Przedsiębiorstwo narażone jest na konsekwencje wynikające ze zmienności sytuacji rynkowej. Czynniki mogą być różne, m.in. konkurencja przedsiębiorstw, wdrażanie nowych produktów czy też sama zmienność popytu na rynku.

Można wskazać również podejście Sadgrove'a, który w swoich badaniach skupiał się na problemach związanych z dostawcami. Opisywał m.in. związki zachodzące między ryzykiem a jakością i dostępnością towarów [6]. Inna klasyfikacja ryzyka zaproponowana przez Wagnera i Bode, oparta była na podziale źródeł ryzyka w łańcuchu dostaw na ryzyka leżące po stronie popytu i ryzyka po stronie podaży [8]. Również autorzy Olson i Wu przedstawili kategoryzację ryzyka w łańcuchu dostaw, dzieląc ryzyko na zewnętrzne i wewnętrzne, przedstawiając i analizując wiele czynników mających wpływ na pojawianie się ryzyka [5].

Jak można zauważyć, rozpatrywanie łańcuchów dostaw w kontekście ryzyka pociąga za sobą konieczność stosowania zarządzania ryzykiem. Stosunkowo nowa dziedzina zarządzania ryzykiem łańcucha dostaw (*SCRM – Supply Chain Risk Management*) małymi krokami dąży do opracowania solidnych podstaw metodologicznych wspierających szacowanie poziomu ryzyka.

W związku z badaniami i analizami, powstają nowe, coraz skuteczniejsze metody szacowania poziomu ryzyka w łańcuchach dostaw. Niniejszy artykuł jest

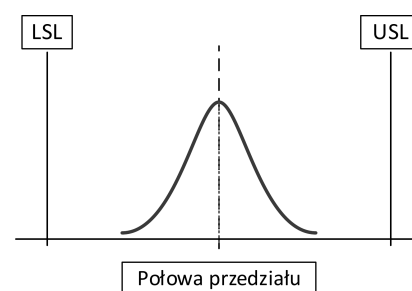
również propozycją, która prezentuje autorską metodę do wyznaczania poziomu ryzyka w procesach dostaw z uwzględnieniem współczynników zdolności procesu.

3. Współczynniki zdolności procesu

Współczynniki zdolności procesu są nieodłączną częścią realizacji procesu produkcyjnego, szczególnie w produkcji wielkoseryjnej i masowej, czego przykładem jest przemysł motoryzacyjny. Zdolność procesu pozwala powiązać w sensie statystycznym mierzalne parametry z dopuszczalnym polem tolerancji. Wyższa zdolność oznacza mniejsze prawdopodobieństwo uzyskania wartości mierzonej w pobliżu granic tolerancji. Zmniejsza się wtedy także prawdopodobieństwo przekroczenia granicy tolerancji, czyli uzyskania wadliwego wyrobu. Większa zdolność procesu, a co za tym idzie, usytuowanie daleko od granic tolerancji eliminuje ryzyko wady wynikającej ze współdziałania wielu elementów będących blisko granicy tolerancji. Prostym przykładem jest pasowanie wałka i otworu. Otwór bliski dolnej granicy tolerancji z wałkiem bliskim górnej może dać pasowanie zbyt ciasne, co spowoduje złą pracę urządzenia, mimo że obydwie elementy zostały uznane jako dobre.

Dla oceny zdolności procesu stosowane są wskaźniki c_p i c_{pk} . Wskaźnik c_p interpretowany jest w literaturze przedmiotu jako precyzja procesu, natomiast wskaźnik c_{pk} identyfikowany jest z dokładnością procesu. Wskaźnik c_p jest miarą szerokości rzeczywistego rozrzutu względem szerokości pola tolerancji. Natomiast wskaźnik c_{pk} uwzględnia wzajemne przesunięcie pola rozrzutu względem pola tolerancji i jest traktowany jako wskaźnik jednostronny (prawostronny i lewostronny).

Wskaźnik c_p (zdolność potencjalna) jest wielkością bezwymiarową i informuje nas o tym, jaki jest stosunek szerokości przedziału tolerancji ($USL - LSL$) do sześciu odchyłeń standardowych (6σ) procesu. Obszar 6σ nazywany tolerancją naturalną, zgodnie z rozkładem normalnym zawiera 99,74% wyników pomiaru (rys. 1).

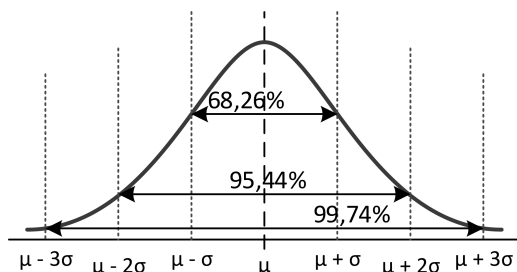


Rys. 1. Wykres zdolności procesu przy procesie wyśrodkowanym

Wskaźnik c_p zdolności procesu przy procesie wyśrodkowanym będzie miał postać jak w równaniu (1). Wielkość T oznacza połowę pola tolerancji, zatem całe pole tolerancji to $2T$:

$$c_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{2T}{6\sigma}. \quad (1)$$

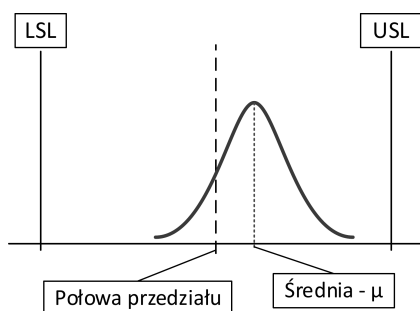
Wskaźnik ten określa wielkość rozrzutu zgodnie z rozkładem normalnym i dla zdolności równej jeden 68,26% wszystkich uzyskanych wyników znajduje się w odległości $\pm\sigma$, 95,44% wszystkich wyników będzie znajdowało się w przedziale $\pm 2\sigma$, natomiast 99,74% wyników będzie zawarte w przedziale $\pm 3\sigma$, co przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wykres rozkładu normalnego dla wskaźnika zdolności $c_p = 1$

Z rysunku 1. oraz z równania (1) można wywnioskować, że jeśli odchylenie standardowe σ , które obrazuje rozrzut w procesie, nie ulegnie zmianie, jedynie zaobserwujemy zmianę położenia procesu w przedziale $\langle LSL, USL \rangle$ to wartość współczynnika c_p nie ulegnie zmianie. Tak więc położenie krzywej rozkładu nie wpływa na wartość współczynnika c_p .

Natomiast wskaźnik c_{pk} (zdolność rzeczywista) również jest wielkością bezwymiarową i informuje nas o rzeczywistym stopniu wadliwości w związku z odchyleniami wyśrodkowania i rozrzutem procesu. Przy procesach rzeczywistych, które w większości przypadków nie są wyśrodkowane, wykres przy przesunięciu w kierunku USL (górną granicą tolerancji) będzie przedstawiał się jak na rysunku 3.



Rys. 3. Wykres zdolności procesu w procesie rzeczywistym

Prawostronny wskaźnik zdolności procesu przy odniesieniu do górnej granicy tolerancji będzie miał postać:

$$c_{pkg} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{T - \mu}{3\sigma}. \quad (2)$$

Podobnie określony jest wskaźnik lewostronny, przy odniesieniu do dolnej granicy tolerancji, co przedstawiano w równaniu:

$$c_{pkd} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = \frac{\mu - T}{3\sigma}. \quad (3)$$

W przypadku wyśrodkowania procesu, gdy wartość oczekiwana jest w połowie przedziału wszystkie trzy wskaźniki przyjmują taką samą wartość. W praktyce produkcyjnej wartości wskaźników różnią się w zależności od produkowanych wyrobów i są zróżnicowane zależne od oczekiwań jakościowych. W przypadku wskaźnika c_p produkcja na średnim poziomie jakości uzyskiwana jest przy wartości wskaźnika z przedziału od 1 do 1,33, zaś wskaźniki c_{pk} powinny dążyć do wartości wskaźnika c_p .

4. Miara ryzyka w ocenie realizowanych dostaw

W celu oceny ryzyka w procesie dostaw podjęto próbę adaptacji metodyki oceny procesów, poprzez wskaźniki zdolności. Dostawy do przedsiębiorstwa stanowią także pewien proces. Miarą jakości dla poszczególnych realizacji dostaw są mierzalne wielkości (parametry), przykładowo dotyczące ilości, wadliwości czy terminowości. Są to więc miary niezgodności występujących w procesach dostaw.

Dla każdej dostawy, rozumianej jako przyjęcie w jednym momencie różnych produktów od wielu dostawców, wyznaczane są wartości parametrów, co może posłużyć do określania współczynników podobnych do wskaźników zdolności. Klasyczne wskaźniki zdolności określane są na podstawie pomiaru jednej wielkości co pewien czas, tutaj natomiast współczynniki zdolności określane są na podstawie parametrów wielu dostaw realizowanych w tym samym czasie. Oczywiście obliczanie współczynników zdolności powtarzane jest dla kolejnych terminów dostaw określanych przez najkrótszą w przedsiębiorstwie jednostkę terminowania. Proces dostaw w przedsiębiorstwie można przedstawić w formie tablicy (macierzy) zawierającej dane o poszczególnych dostawach, co pokazano w tabeli 1.

Jeden dostawca może dostarczać kilka produktów i wtedy przypisany jest do kilku wierszy tabeli. Kolorem szarym w tabeli 1 zaznaczone są zmienne charakteryzujące jedną dostawę, które będą pobierane do wyznaczenia wartości współczynników zdolności dla tej dostawy.

Każdy rodzaj dostarczanego towaru musi mieć określone wartości tolerancji dla parametrów będących miarą jakości dostaw. Dolną granicą jest wartość zerowa, a górna jest ustalana przez odbiorcę, przykładowo może to być 7 kg niedoborów, 3 wadliwe elementy, 5 dni opóźnienia. Tolerancje mogą być także określane procentowo w stosunku do całej dostawy lub okresu pomiędzy złożeniem zamówienia a planowaną dostawą. Kolejnym etapem jest normalizacja danych przez odniesienie parametrów do wielkości tolerancji. W wyniku otrzymywane są bezwymiarowe wartości parametrów z obustronnie domkniętego przedziału $(0, 1)$ [2–4, 7].

Część wyrazów tablicy realizacji dostaw (macierzy) jest pusta, co oznacza, że dostawy nie było. Nie jest to jednoznaczne z wartością zero, która oznacza, że do-

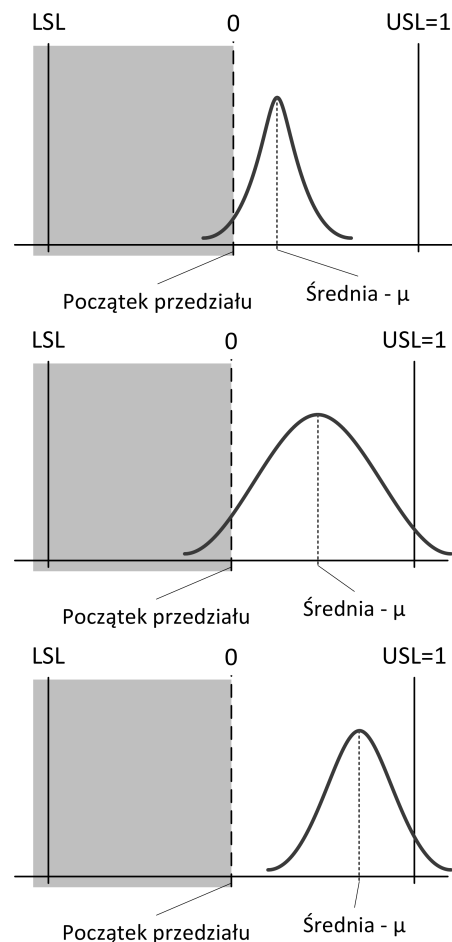
stawa była zrealizowana, tylko nie pojawiła się żadna niezgodność. Wartości puste nie są uwzględniane przy wykonywanych obliczeniach parametrów statystycznych (średnia, odchylenie standardowe). Natomiast wartości zerowe są uwzględniane przy obliczeniach statystycznych.

Tab. 1. Tablica realizacji kolejnych dostaw

	D ₁	D ₂	...	D _k	...	...	D _n	Szeregi czasowe
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1k}	...	...	a _{1n}	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2k}	...	...	a _{2n}	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę
A ₃	a ₃₁	a ₃₂	...	a _{3k}	...	...	a _{3n}	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę
...	...	...	...	...	...	...	...	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę
A _i	a _{i1}	a _{i2}	...	a _{ik}	...	...	a _{in}	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę
...	...	...	...	...	...	...	...	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę
...	...	...	...	...	...	...	...	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę
A _m	a _{m1}	a _{m2}	...	a _{mk}	...	...	a _{mn}	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę
	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę	Zmienne losowe charakteryzujące dostawcę	

Legenda: A₁...A_i...A_m – rodzaje dostarczanych produktów w powiązaniu z dostawcami, m – liczba rodzajów dostarczanych produktów, D₁...D_k...D_n – kolejne dostawy, k – kolejna realizacja dostaw, n – aktualna realizacja dostaw (ostatnia analizowana), a_{ik} – opisuje realizację jednej dostawy dla jednego produktu.

W przypadku analizy procesów dostaw po normalizacji $USL = 1$, a dolna wartość zmiennej losowej, najbardziej pożądana, wynosi 0. Tak więc część krzywej normalnego rozkładu prawdopodobieństwa leży poza rozważanym zakresem. Natomiast prawdopodobieństwo przekroczenia przez zmienną losową granicy tolerancji USL zależy od wielkości rozrzutu oraz przesunięcia wartości średniej – co pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Przykładowe przypadki przekroczenia granicy tolerancji

Wzoruując się na wskaźniku zdolności (wzór (2)), a także uwzględniając, że po normalizacji wartość tolerancji wynosi 1, można określić współczynnik zdolności c dla procesu dostaw w następującej postaci:

$$c = \frac{1 - \mu}{3\sigma}. \quad (4)$$

Tak określony współczynnik zdolności pokazuje, w jakim stopniu zmienna losowa o rozrzucie, którego miarą jest odchylenie standardowe, mieści się w zakresie tolerancji. Idea jest więc taka sama jak w przypadku współczynników c_p i c_{pk} tylko dotyczy inaczej zdefiniowanego zbioru danych.

Zależność określająca współczynnik c ma tę własność, że duże prawdopodobieństwo opuszczenia zakresu tolerancji zachodzi przy małych wartościach współczynnika. Utrudnia to w pewien sposób określenie ryzyka rozumianego jako prawdopodobieństwo wystąpienia niezgodności. Aby to zmienić wprowadzono wskaźnik ryzyka γ , będący odwrotnością współczynnika, co przedstawia zależność:

$$\gamma = \frac{1}{c} = \frac{3\sigma}{1 - \mu}. \quad (5)$$

Zależność ta jest nieokreślona, gdy wartość średnia jest równa tolerancji ($\mu = 1$), co w praktyce jest raczej niemożliwe, jednak powinno być brane pod uwagę w algorytmach obliczeń numerycznych związanych z analizą

danych o dostawach. Równanie (5) na płaszczyźnie $\sigma-\mu$ określa rodzinę linii prostych (funkcja $\sigma = f(\mu)$) przechodzących przez punkt o współrzędnych (1,0) i różnych kątach nachylenia zależnych od γ , co po prostym przekształceniu można przedstawić w postaci:

$$\sigma = \frac{\gamma}{3}(1 - \mu). \quad (6)$$

Punkty na tej płaszczyźnie odpowiadają różnym wartościom wskaźnika ryzyka, zgodnie z zależnością (5). Ograniczając przedziały zmienności do $0 \leq \sigma \leq 0,5$ oraz $0 \leq \mu < 1$, można utworzyć mapę ryzyka na powierzchni w kształcie prostokąta. Punkty poza tym obszarem powinny być dodatkowo zdefiniowane w aspekcie szacowanego ryzyka.

Wydzielając 5 obszarów o równych polach (na prostokącie $\mu = 1, \sigma = 0,5$) powierzchni należy przyjąć wartości wskaźnika w równaniu (6):

$$\gamma = 3, 7, \quad \gamma = 1, 89, \quad \gamma = 1, 21, \quad \gamma = 0, 60. \quad (7)$$

Tak wyznaczonym obszarom można przypisać nazwy ryzyka wynikające z prawdopodobieństwa wyjścia poza obszar tolerancji. Ryzyko może być nazywane w następujący sposób:

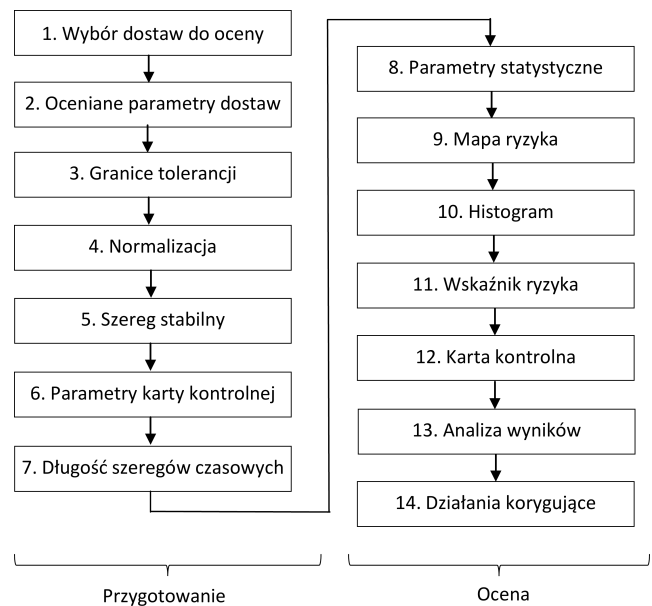
- ogromne,
- duże,
- umiarkowane,
- małe,
- nieistotne.

Oczywiście można przyjąć inną definicję mapy ryzyka, w której jest inna liczba inaczej ukształtowanych obszarów.

Wskaźnik ryzyka γ pozwala na budowę karty kontrolnej, dla której wielkością mierzoną jest właśnie ten współczynnik. Zwiększanie jego wartości odpowiada zwiększeniu prawdopodobieństwa występowania dużych niezgodności, co jest powiązane z określoną odpowiednio skalą ryzyka. Karta kontrolna dostarcza informacje o zmienności procesu w czasie, w tym przypadku dotyczy to zmienności wskaźnika ryzyka. Obserwacja zmian na karcie kontrolnej pozwoli wskazać tendencje, które mogą doprowadzić do nieakceptowalnych wartości niezgodności. Parametry karty kontrolnej (średnia oraz linie kontrolne) mogą być wyznaczane na podstawie szeregu dostaw uważanych za prawidłowe, niewymagające interwencji w stosunku do dostawców. Charakteryzują one proces uważany za stabilny, w którym zmienności nie są wynikiem zaburzeń specjalnych. Uzupełnieniem analizy może być histogram, który wskazuje liczebność dostaw obarczonych kolejnymi stopniami ryzyka.

5. Procedura oceny ryzyka

Przedstawiona metoda wykorzystująca wskaźnik ryzyka może być wykorzystywana w przedsiębiorstwie dla oceny dostawców. Wprowadzenie jej i późniejsze użytkowanie wymaga działań, które przedstawiono na rysunku 5. Pierwsza część działań dotyczy przygotowania (działania 1–7), a druga dotyczy użytkowania w bieżącej ocenie (działania 8–14).



Rys. 5. Procedura oceny poziomu ryzyka realizowanych dostaw

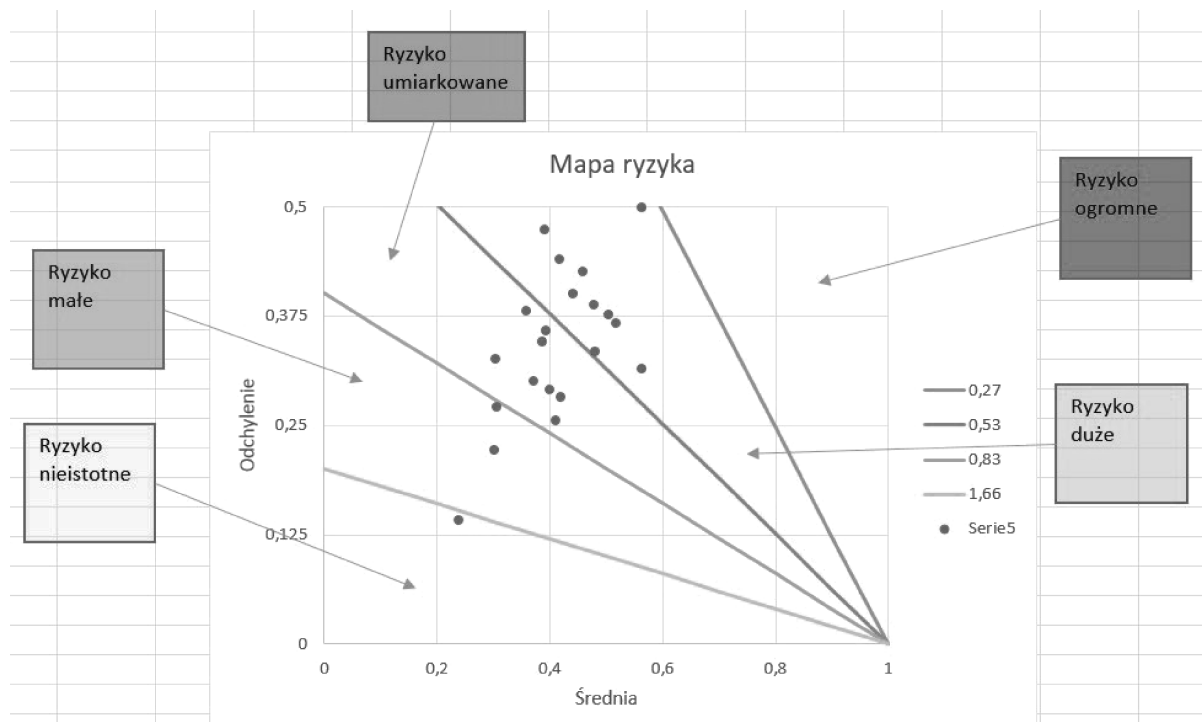
Na podstawie przedstawionego schematu kroki w procedurze postępowania w ocenie ryzyka można przedstawić następująco:

1. Należy wybrać dostawców lub dostawy podlegające ocenie. Nie wszystkie dostawy muszą być oceniane w tym systemie. Ponadto zbyt duża liczba ocenianych dostaw (dużo wierszy w tabeli 1) prowadzi do znacznego uśredniania wyników. Możliwy jest podział dostaw i dostawców na grupy i przeprowadzanie oceny w każdej z nich.
2. Należy określić parametry (atributy dostaw) podlegające analizie. Nie wszystkie rodzaje niezgodności muszą być oceniane, zależy to od ich istotności.
3. Określić granice tolerancji. Przedstawiona metoda wymaga przyjęcia pewnych tolerancji dla parametrów oceny, co czasami może być trudne do ustalenia.
4. Po ustaleniu granic tolerancji należy przeprowadzić normalizację do przedziału $(0, 1)$. Jest to formalizm obliczeniowy przykładowo realizowany z wykorzystaniem metody unitaryzacji zerowej.
5. Wybór szeregu kolejnych dostaw uznawalnych jako procesy stabilne dla wyznaczania parametrów kart kontrolnych. Parametry kart kontrolnych mogą być określane arbitralnie lub na podstawie danych rzeczywistych uzyskanych w eksperymencie. Tutaj proponowana jest ta druga metoda.
6. Wyznaczyć parametry karty kontrolnej – średnia, linia kontrolna i ostrzegawcza. Jedną z możliwych kart bazuje na wartości średniej i odchyleniu standardowym. Konieczne jest więc wyznaczenie tych parametrów dla wskaźnika ryzyka.
7. Określić długość obserwowanych szeregów czasowych – liczba realizacji dostaw zwiększa się z czasem funkcjonowania przedsiębiorstwa. Konieczne jest pewne ograniczenie liczby dostaw poddawanych analizie, więc dodawanie danych o nowych

dostawach, wymusza usuwanie danych o starych dostawach.

8. Rozpoczęcie analizy dostaw po przygotowaniu parametrów kart kontrolnych. Dla każdej dostawy pobierane są dane i obliczane parametry statystyczne: średnia i odchylenie standardowe. Powtarzane jest to po każdym kolejnym okresie terminowania. Tworzenie wykresów średniej i odchylenia standardowego.
9. Na podstawie obliczonych parametrów statystycznych określana jest wielkość ryzyka w skali opisowej w przedziale (nieistotne, ogromne) z wykorzystaniem mapy.
10. Utworzenie histogramu wskazującego liczebność różnych poziomów ryzyka w analizowanym okresie.
11. Na podstawie danych wyznaczana jest wartość wskaźnika ryzyka γ dla kolejnych dostaw.
12. Kolejne wartości wskaźnika ryzyka nanoszone są na kartę kontrolną, tworząc sekwencje przydatne w analizie.
13. Przeglądać i analizować trendy na karcie kontrolnej, na wykresach średniej, odchylenia standardowego. Obserwować histogram oraz konfigurację punktów na mapie ryzyka.
14. W uzasadnionych przypadkach podejmować działania naprawcze.

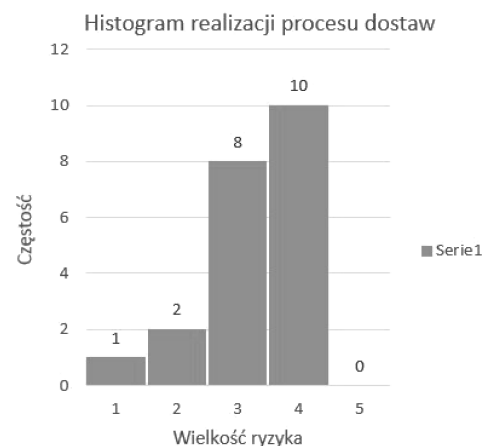
Poniżej przedstawione zostały przykładowe wyniki z symulacji wyników odzwierciedlających realizację procesów dostaw w przedsiębiorstwie. W pierwszym etapie symulacji wygenerowano dane dla budowy karty kontrolnej. Przyjęto, że dane te charakteryzują proces, w którym występują naturalne zmienności (etap I – przygotowanie).



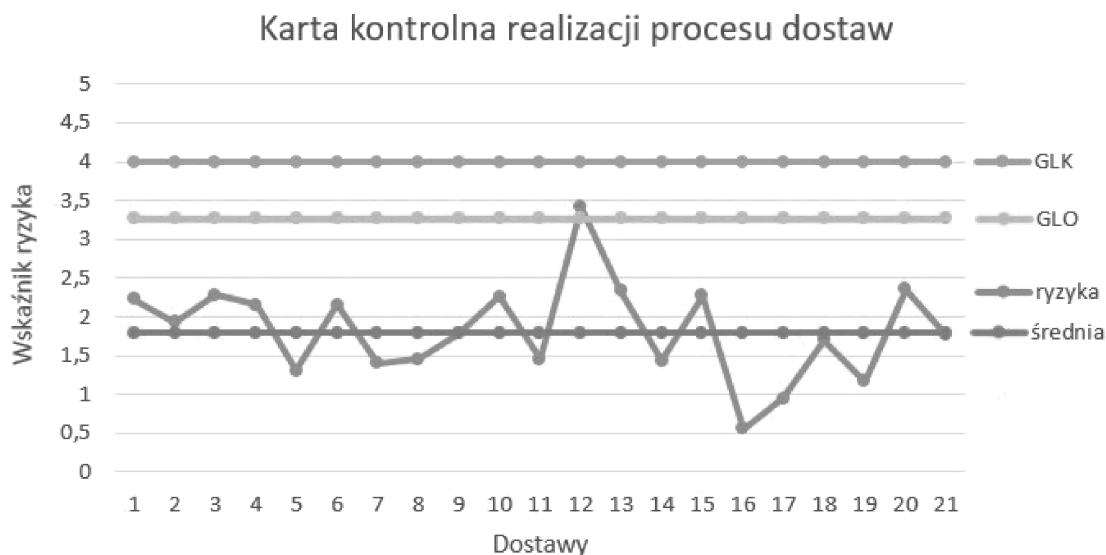
Rys. 6. Mapa ryzyka dla realizacji procesu dostaw

Następnie generowano dane charakteryzujące kolejne dostawy, dla których wykonywano wymagane obliczenia (etap II – ocena). Przyjęto długość analizowanych szeregów czasowych równą 21 jednostkom terminowania, czyli analizowano dane dotyczące 21 dostaw. Na rysunku 6. przedstawiono mapę ryzyka dla przykładowego szeregu 21 dostaw.

Z przedstawionej mapy ryzyka realizacji dostaw na rysunku 6. można odczytać, w jakich obszarach ryzyka znajduje się analizowany szereg kolejnych dostaw. Jak widać, do obszaru ryzyka nieistotnego zaliczona została tylko jedna dostawa, natomiast stan ryzyka ogromnego nie wystąpił ani razu. Poziom ryzyka małego wystąpił 2 razy, ryzyko średnie 8 razy, a ryzyko duże 10 razy. Ta częstość występowania różnej wielkości ryzyka została pokazana na histogramie zamieszczonym na rysunku 7.



Rys. 7. Histogram realizacji procesu dostaw



Rys. 8. Karta kontrolna realizacji procesu dostaw

Na rysunku 8. przedstawiono kartę kontrolną dla analizowanego okresu dostaw. Na karcie zaznaczona jest wartość wskaźnika ryzyka dla 21 dostaw. Położenie linii centralnej (poziom), wyznaczony został jako średnia z otrzymanych wartości wskaźnika ryzyka realizacji 21 dostaw. Górna linia ostrzegawcza (GLO) wyznaczona została jako suma średniej wartości wskaźnika ryzyka i dwóch odchyłeń standardowych tego wskaźnika. Górna linia kontrolna (GLK) wyznaczona została również jako suma średniej wartości wskaźnika ryzyka i trzech odchyłeń standardowych tego wskaźnika.

Na karcie kontrolnej brak konfiguracji wskazujących niepokojące trendy. Górnej linii kontrolnej w tym przypadku nie przekroczyła żadna dostawa, tak więc nie ma konieczności korygowania procesu dostaw. Natomiast można zidentyfikować jedną dostawę (dostawa nr 12), która przekroczyła górną linię ostrzegawczą (GLO) karty kontrolnej. Ta dostawa może wymagać podjęcia pewnych działań zapobiegawczych, przykładowo monitorowania pozwalającego ocenić, czy było to zdarzenie jednorazowe, czy też jest początkiem stałych zaburzeń.

W przypadku pojawiania się kolejnych dostaw należy ocenę powtórzyć i na bieżąco kontrolować stabilność procesu.

6. Podsumowanie

W analizowanej literaturze przedmiotu wskazuje się na istotną rolę i znaczenie zarządzania ryzykiem dostaw w przedsiębiorstwach. Zarządzanie ryzykiem w łańcuchu dostaw powinno być systematycznie realizowane przez przedsiębiorstwa i powinno być strategiczną jego kwestią. Brak umiejętnego zarządzania ryzykiem może doprowadzić do różnych skutków na tle ekonomicznym i rynkowym. Mimo, że dziedzina zarządzania ryzykiem w łańcuchach dostaw dość pręży rozwija się, brakuje odpowiedniej i skutecznej metodologii pozwalającej na eliminację ryzyka.

Opracowana koncepcja jest elementem zarządzania ryzykiem w sposób dynamiczny z możliwością automatyzacji działań. Zautomatyzowane generowanie mapy ryzyka oraz karty kontrolnej przyczynia się do możliwości identyfikacji, które dostawy były obciążone dużymi odchyleniami (wyższy wskaźnik ryzyka) od wartości oczekiwanych zgodnie z zamówieniami.

Przedstawiona koncepcja bazuje na uogólnionych wskaźnikach odnoszonych do całej dostawy, w której uczestniczy wielu dostawców. Pozwala ona wyłapywać sytuacje określane jako niestabilne, co powoduje początek analiz szczegółowych. Dopiero te szczegółowe analizy dotyczące konkretnych dostawców lub dostaw wskażą przyczyny powstałych zakłóceń.

Opracowana koncepcja w kolejnym etapie badań będzie przedstawiona na przykładzie danych z rzeczywistego przedsiębiorstwa produkcyjnego. Proponowane rozwiązanie powinno mieć również swoją implementację w postaci informatycznego systemu, wspomagającego analizy gromadzonych danych o dostawach.

Proponowane rozwiązanie przyniesie wymierne korzyści dla wszystkich przedsiębiorstw decydujących się na wdrażanie takiego systemu zarządzania ryzykiem dostaw.

Literatura

- [1] Dickson G.W., *An analysis of vendor selection systems and decisions*. "Journal of Purchasing", vol. 2, 1966, pp. 5–17.
- [2] Jarocka M., *Wybór formuły normalizacyjnej w analizie porównawczej obiektów wielocechowych*. "Economics and Management" 1/2015, s. 113–126, Białystok 2015.
- [3] Kukuła K., *Metoda unitaryzacji zerowanej*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
- [4] Kukuła K., *Propozycja budowy rankingu obiektów z wykorzystaniem cech ilościowych oraz jakościowych*. Meto-

dy ilościowe w badaniach ekonomicznych. Tom XIII/1. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2012, s. 5–16.

- [5] Olson D.L., Wu D., *Enterprise Risk Management Models*. Wydawnictwo Springer, Berlin – Heidelberg 2010.
- [6] Sadgrove K., *The Complete Guide to Business: Risk Management*. 2nd ed., Gower Publishing Limited, Aldershot 2005.
- [7] Serafin R., Luściński S., *Normalizacja kryteriów oceny dostaw w systemach zaopatrzenia [w:] Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, red. R. Knosala. Tom I, s. 1010–1021, Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole 2016.
- [8] Wagner S.M., Bode C., *An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk*. “Journal of Business Logistics”, vol. 29, no. 1, 2008, pp. 307–325.
- [9] Zsidisin G.A., *A grounded definition of supply risk*. “Journal of Purchasing and Supply Management”, vol. 9, 2003, pp. 217–224.