

ZAGADNIENIE OPRACOWANIA I STOSOWANIA WIELOKRYTERIALNEGO MIERNIKA OCENY PRZEBIEGU PROCESU NIEPOTOKOWEGO

Alicja KUKUŁKA, Marek WIRKUS

Streszczenie: W artykule podjęto zagadnienie opracowania i stosowania wielokryterialnego miernika oceny przebiegu procesu niepotokowego oraz wskazano na trudności i zawiłości związane z syntetyczną oceną przebiegu tego procesu. Ocena taka mogłaby być prowadzona w oparciu o zastosowanie wielokryterialnego miernika. W oparciu o badania literaturowe i analizy własne wykonane w zakładach produkcyjnych wskazano dylematy powstałe przy opracowaniu i stosowaniu wielokryterialnego miernika oceny. Przeprowadzono badania w przedsiębiorstwach X i Y polegające na ocenie procesu produkcyjnego z wykorzystaniem elementów tego miernika. Badania pozwoliły na zdefiniowanie kryterium technologicznego, jako kryterium wymagającego szczególnej uwagi podczas stosowania opracowywanego miernika. Celem artykułu jest wypracowanie założeń do budowy wielokryterialnego miernika oceny procesu.

Słowa kluczowe: wielokryterialny miernik oceny, proces niepotokowy

1. Wstęp

Rozwój systemów produkcyjnych oraz procesów wytwórczych wymusza potrzebę opracowania mierników oceny przebiegu procesów produkcyjnych, pozwalających na ich optymalizację. Z upływem czasu stosowane mierniki stały się niewystarczające, wymuszając tym samym ewolucję metod oceny przebiegu procesów. Złożone i kosztowne systemy produkcyjne można było kontrolować prostymi narzędziami, jednak otrzymywane wyniki nie odzwierciedlały złożoności procesów. Dlatego też rozwijano nie tylko poszczególne mierniki, ale też samo spojrzenie na ocenę procesu. Obecnie ocena pod kątem kryterium technologicznego stała się niewystarczająca, dlatego też spojrzano na procesy pod różnymi kryteriami, takimi jak np. kryteria rynkowe, ekonomiczne, społeczne czy ekologiczne [1].

Konieczność oceny procesu pod kątem różnych kryteriów spowodowała łączenie wielu mierników oceny tworząc wielokryterialne mierniki oceny procesów produkcyjnych. Tworzenie tych mierników jest złożonym zadaniem, gdyż wymaga wiedzy pozwalającej na właściwy wybór kryteriów oraz przypisanie do nich odpowiednich wag, które uwypuklą mierniki najważniejsze z punktu widzenia dokonywanej oceny. Dodatkowo decyzja dotycząca wyboru mierników powinna być uzależniona od typu procesu produkcyjnego, gdyż poszczególne mierniki w przypadku różnych procesów produkcyjnych mogą dać niemiernorodne wyniki. Badacze podjęli się opracowania wielokryterialnego miernika oceny dla procesu niepotokowego, gdyż ten typ procesu może zwiększyć konkurencyjność przedsiębiorstw poprzez dostosowanie produkcji to zmiennych wymagań klienta [2]. Przeprowadzono badania w przedsiębiorstwie X i Y proponując ocenę procesu produkcyjnego uwzględniającą wielokryterialny miernik procesu. Podczas badań napotkano jednak na szereg zawiłości związanych zarówno z opracowaniem miernika jak i jego

stosowaniem. W związku z charakterystyką procesu niepotokowego zdecydowano się posłużyć metodą studium przypadku, dzięki czemu badacz mógł zapoznać się z przebiegiem procesu, co pozwoliło na bieżącą modyfikację realizowanych obserwacji. Dodatkowo posłużono się wywiadami z pracownikami zarówno z kierownictwem jak i operatorami maszyn, jako że dzięki wieloletniemu doświadczeniu mogli udzielić badaczom wielu ważnych informacji. Wykorzystano też arkusze oceny proponowane dla wskaźnika całkowitej efektywności wyposażenia [1] oraz dane historyczne.

2. Wyznaczanie wielokryterialnego miernika oceny procesu według literatury

W literaturze można znaleźć zalecenia do przeprowadzenia oceny procesów produkcyjnych za pomocą wielokryterialnego miernika procesu. Ocena ta następuje w trzech krokach [1],[3],[4]:

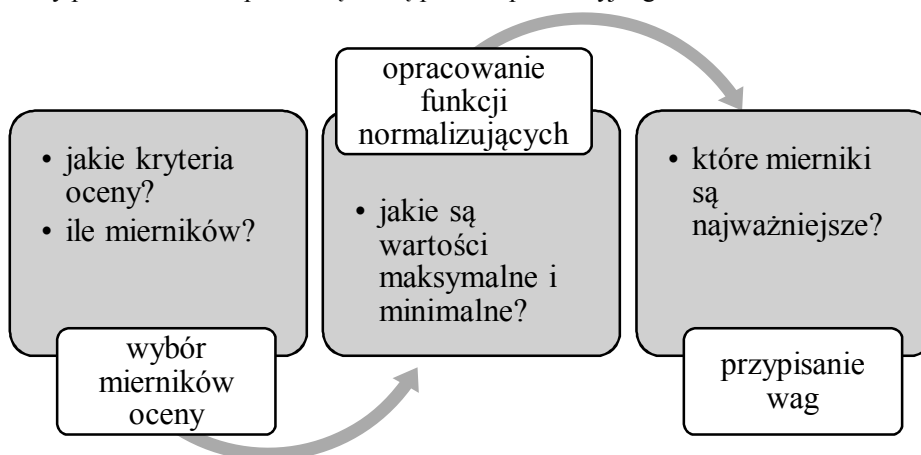
Pierwszy krok polega na wyborze odpowiednich mierników, czyli takich, które umożliwią kompleksową ocenę procesu pod różnymi kryteriami. Decyzja związana z wyborem mierników jest decyzją arbitralną podejmowaną przez kierownika przy udziale najbardziej doświadczonych pracowników albo, jeżeli istnieje już opracowany miernik dla podobnego typu procesu na jego weryfikacji i dostosowaniu do potrzeb przedsiębiorstwa. Należy tak dobrać mierniki cząstkowe, aby odzwierciedlały one różne kryteria oceny procesu, uwzględniając kryterium najważniejsze z punktu widzenia decydenta oraz aby reprezentowały kluczowe zasoby przedsiębiorstwa (pracowników, kapitał, materiały oraz energię).

Drugim krokiem jest wyznaczenie postaci funkcji normalizujących. W przypadku stosowania wielokryterialnego miernika oceny procesu istnieje możliwość uzyskania danych cechujących się różnymi jednostkami oraz skalami wartości konieczne jest zatem sprowadzenie zebranych danych do bezwymiarowej jednolitej skali, dzięki czemu możliwe będzie porównanie poszczególnych mierników oraz procesów. Funkcja normalizująca pozwala właśnie na przekształcenie wartości z danego miernika wyrażonej w typowych dla niego jednostkach na wartość ze znormalizowanego zakresu (typowo wykorzystuje się zakres 0-10), dzięki czemu wartości ze wszystkich mierników zostają sprowadzone do wspólnego mianownika. W ten sposób różne, wcześniej nieporównywalne ze sobą mierniki można zestawić w formie wielokryterialnego miernika oceny. Ważne jest opracowanie dokładnie jednej funkcji do każdego miernika w taki sposób, aby wynik znormalizowany odzwierciedlał stan procesu opisanego tym miernikiem. Przyjmuje się, iż wartość 0 przypisywana jest stanowi nieakceptowalnemu, 10 stanowi idealnemu, a wartość 5 wielkości przeciętnej. Funkcję normalizującą można wyznaczyć w oparciu na zestawieniach historycznych dla danego miernika pochodzące z przedsiębiorstw z danej branży (metoda porównawcza) lub też zgodnie z metodą badania opinii ekspertów. Oczywiście przy tworzeniu funkcji można korzystać z obu metod jednocześnie.

Trzeci krok polega na przypisaniu wag poszczególnym miernikom. Odpowiedni dobór wag wymaga przypisania wyższych wartości miernikom obliczającym kluczowe aspekty oceny procesu. Przyjmuje się, iż suma wag powinna być równa 1 (100%). Wartość ta nie jest warunkiem koniecznym jednak stanowi ułatwienie w dalszych obliczeniach wartości miernika syntetycznego. Tak jak w przypadku wyboru mierników czy tworzenia funkcji, zaleca się powierzenie tego zadania ekspertom, przez co przypisane wagi pozwolą na przeprowadzenie oceny dającej wiarygodny wynik.

Rysunek 1 obrazuje schemat postępowania przy stosowaniu wielokryterialnego miernika oceny procesu produkcyjnego wraz z pytaniami, na które należy odpowiedzieć w celu

opracowania miernika. Pokazane etapy pozwalają na samodzielne opracowanie miernika, który pozwoli na kompleksową ocenę procesu produkcyjnego.



Rys. 1. Kroki opracowania wielokryterialnego miernika oceny
Źródło: opracowanie własne na podstawie [3],[4]

Posługując się oceną wielokryterialną należy podjąć decyzję dotyczącą kryterium oceny procesu. W pracy E. Pająka można spotkać się z oceną procesu pod kątem kryterium [3]:

- efektywności – odzwierciedlającej skutek działalności całego procesu lub jego elementów, wyróżnić tu można na przykład miernik efektywności:
 - wykorzystania materiału, który obliczany, jako przychód ze sprzedaży przypadający na jednostkę masy materiału użytego do produkcji,
 - pracy pracowników, obliczany np. jako stosunek masy wyprodukowanych produktów wyrobów do liczby roboczogodzin, podczas których wyroby były wytwarzane,
- produktywności – wyznaczonej jako stosunek efektów oraz nakładów koniecznych do ich osiągnięcia, najczęściej wykorzystuje się tu relację między przychodami ze sprzedaży do kapitałów zaangażowanych w uzyskanie przychodu,
- rentowności – mówiącej o uzyskanym zysku finansowym z jednostki pieniężnej sprzedanego produktu (zysk netto ze sprzedaży do przychodu ze sprzedaży),
- dokładności – odzwierciedlającej, w jakim stopniu rezultaty całego procesu lub jego zadań są zgodne z wymaganiami określonymi w dokumentacji,
- niezawodności – wskazującej na prawdopodobieństwo, zgodnie z którym proces spełnia określone wymagania przez określony czas, można wyróżnić tu czas między uszkodzeniami urządzeń lub czas między wykryciem a usunięciem awarii,
- terminowości – mówiącej o spełnieniu wymagań związanych z czasem realizacji procesu, wyróżnić tu można czas związany z opóźnieniami w procesie, czas dostaw czy też czas rozwoju produktu,
- wydajności – odzwierciedlającej stopień wykorzystania dostępnych zasobów (technologicznych, ludzkich, surowcowych), poprzez określenie liczby sztuk wyrobu, które zostały wyprodukowane w określony zasób w jednostce czasu
- ilości – wyznaczonej jako ilość wykonanych produktów lub usług.

Ponadto w literaturze występuje mnogość definicji poszczególnych kryteriów oceny [5]. Bardzo trudne jest zdefiniowanie pojęć takich jak efektywność, ze względu na ich wielowymiarowość oraz wykorzystywanie przez specjalistów z różnych branż. Posługują się definicją Samuelsona i Nordhauusa uznaje się efektywność jako sposób najskuteczniejszego wykorzystania zasobów w celu zaspokojenia potrzeb i braków [6]. Dodatkowo efektywność rozpatrywana jest w dwóch podejściach, systemowym i celowościowe. Systemowe podejście zakłada, iż cała organizacja zostaje poddana ocenie, a stopień realizacji celów zostaje przesunięty na dalszy plan. Natomiast podejście celowościowe skupia się na sposobie realizacji określonych celów [5].

W literaturze [7] można się również spotkać z rozdzieleniem oceny efektywności na pięć jej rodzajów, jest to efektywność operacyjna, rynkowa, dynamiczna, techniczna i według kryterium zysku. Dla oceny poszczególnych rodzajów efektywności zalecane są różne techniki, przykładowo w celu oceny efektywności operacyjnej można posłużyć się wskaźnikami produktywności, wskaźnikami rentowności, analizą wydajności i stopnia wykorzystania stanowisk, rachunek kosztów działań efektywność, przestrzenną organizacją produkcji czy też ekonomiczną oceną struktury produkcyjnej.

Inni autorzy skupiają się z kolei na ocenie procesów pod kątem produktywności. Kosieradzka [8] wskazuje na skomplikowany charakter tego pojęcia, zaczynając od trudności z jego definicją poprzez jego wielowymiarowość, aż do różnych metod oceny, takich jak analiza wrażliwości, analiza trendów, porównanie między przedsiębiorstwami oraz porównanie z wartościami wzorcowymi. Jednakże wielokryterialna ocena produktywności zaproponowana przez autorkę nie uwzględnia szczególnej specyfiki procesów niepotokowych.

Dodatkowo może się zdarzyć, iż kierownictwo dokonuje oceny pod kątem różnych kryteriów, ale nie zestawia otrzymanych danych, czyli że poszczególne działy w przedsiębiorstwie używają tylko tych wyników, które są związane z ich własną pracą. Taka sytuacja może powodować to wprowadzania przez poszczególne działy usprawnień mających negatywny wpływ na inne aspekty procesu. Przykładowo decyzja o konieczności obniżeniu kosztów poprzez zakup tańszych komponentów zaproponowana przez dział finansowy może przyczynić się do obniżenia jakości wyrobu, a co za tym idzie zwiększeniem liczby zgłaszanych reklamacji.

Pomimo konieczności oceny procesów produkcyjnych w literaturze występuje brak metod, które pozwoliłyby na kompleksową ocenę procesu niepotokowego pod kątem kilku kryteriów.

3. Zawilości w opracowaniu wielokryterialnego miernika oceny przebiegu procesu niepotokowego

Opracowanie wielokryterialnego miernika oceny przebiegu niepotokowego procesu produkcyjnego, który będzie można zastosować dla zróżnicowanych niepotokowych procesów produkcyjnych w różnych przedsiębiorstwach jest zadaniem bardzo skomplikowanym. Wynika to z szeregu zagadnień o charakterze techniczno-organizacyjnym związanych z realizacją samego procesu niepotokowego

Samo określenie czego dotyczyć będzie ocena procesu może spowodować pewne trudności. Podjęcie decyzji pod jakim kątem wykonana zostanie ocena procesu stanowi pierwszą trudność w opracowaniu wielokryterialnego miernika. Wiąże się to między innymi z faktem, że w ocenie procesu coraz istotniejsze są czynniki rynkowe, klient chce decydować o wyglądzie i funkcji wyrobu, a także o terminie i sposobie jego doręczenia oraz o formie

zgłaszania i rozpatrywania ewentualnych reklamacji. Dodatkowo we współczesnym świecie gospodarczym ważnym zagadnieniem jest zabezpieczenie pracownikom odpowiednich warunków pracy.

W wyniku analiz literaturowych oraz w wybranych przedsiębiorstwach przyjęto podział na pięć kryteriów oceny procesu, są to kryteria:

- ekonomiczne,
- ekologiczne,
- technologiczne,
- rynkowe,
- społeczne.

Kryterium ekonomiczne wiąże się z oceną poziomu kosztów produkcji związanych z analizowanym procesem oraz niezbędnych do jego realizacji kapitałowych nakładów inwestycyjnych. Kryterium ekologiczne wiąże się ze sposobami ochrony środowiska naturalnego, utylizacji i segregacji odpadów, a także zużycia różnego rodzaju mediów, kryterium to wiąże się z pojęciem społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw. Kryterium rynkowe polega na ocenie procesu pod kątem dostosowania jego produktów do indywidualnych potrzeb klienta, możliwości elastycznego doboru produktu, cen dostarczanych produktów oraz terminów i czasookresów dostarczania wyrobów, czyli można mówić o ocenie procesu przez pryzmat efektu widzianego oczami klienta. Ocena społeczna polega na zmierzeniu warunków pracy, związanych z ergonomią na stanowisku pracy, określeniu kwalifikacji wymaganych od pracowników oraz zadowolenia i satysfakcji z wykonywanej pracy, na przykład poprzez określenie absencji, czy też przeprowadzenie ankiety.

W ramach każdego z wyżej opisanych kryteriów można wydzielić kryteria szczegółowe.

Istotną zawilocią jest zidentyfikowanie w określonym przedsiębiorstwie produkcyjnym procesów, które będą poddawane pomiarowi. Jak wcześniej wspomniano, w procesie niepotokowym brak jest powtarzalności przebiegu procesu produkcyjnego w zależności od rodzaju wyrobu, może wystąpić inny zestaw operacji technologicznych. Powstaje zatem problem z wyborem przedmiotu pomiaru. Należy podjąć decyzję czy oceniać proces z punktu widzenia przebiegu wyrobu, co jest ważne dla kryterium rynkowego czy też poddać ocenie poszczególne gniazda produkcyjne, co wiąże się z kryterium technologicznym.

Następną zawilocią w ocenie procesu jest wybór mierników w ramach poszczególnych kryteriów. Należy tu ustalić liczbę mierników do każdego z kryterium oraz ich rodzaj. Ważne jest, aby mierniki nie powielały wzajemnie tych samych danych, tylko aby się uzupełniały. Przykładowo przy ocenie technologicznej można użyć mierników służących do oceny pracy maszyn (wskaźnik OEE, czasy bezawaryjnej pracy, czasy napraw), oceny pracy pracowników (wykorzystanie czasu pracy), dzięki czemu ocenie poddano różne zasoby przedsiębiorstwa (wyroby, pracownicy, maszyny). Dodatkowo zwiększanie liczby mierników może spowodować wzrost złożoności samego miernika. Każdy nowy miernik może wymagać nowych sposobów pomiaru procesu oraz dodatkowych trudności w gromadzeniu danych.

Wybranie mierników o różnych miarach stwarza konieczność opracowania funkcji normalizujących. Zadanie to można wykonać w oparciu o opinie ekspertów lub też, jeżeli istnieją, o już wyznaczone wzorce. Przykładowo tworząc funkcje normalizujące dla miernika całkowitej efektywności wyposażenia można założyć, że wartości wyliczone odzwierciedlają wynik znormalizowany gdyż wartości te są w skali 0-1. Można też za wartości maksymalne uznać wartości założone przez japońskie stowarzyszenie – Japan Institute of Plant Maintenance, założone przez Ceichi Nakajimę – za wartości „Produkcji Światowej Klasy”.

Produkcja ta dla poszczególnych mierników przypisuje wartości: dostępność 0,9, wydajność 0,95 jakość 0,999 [9]. Zatem wynik znormalizowany obliczony zostanie jako iloraz obliczonego faktycznego wyniku i wartości cechującej „Produkcję Światowej Klasy” dla każdego z mierników.

Przypisanie wag pozwala uwzględnić, które kryteria oceny oraz które mierniki są najważniejsze podczas oceny procesu. Jednak decyzja ta często jest bardzo skomplikowana, gdyż dla poszczególnych działów w przedsiębiorstwie inne kryteria mogą zyskiwać większe znaczenie. Natomiast ocena kompleksowa musi znaleźć równowagę między kryteriami i przypisać wagi tak, aby dokonana ocena pozwoliła na uzyskanie rzetelnego wyniku.

Istotną trudnością w opracowaniu miernika jest również zagadnienie gromadzenia danych. Gromadzenie danych o przebiegu procesu produkcyjnego powinno odbywać się angażując jak najmniej środków, gdyż samo gromadzenie informacji nie dodaje wartości do produkowanych wyrobów, czyli z punktu widzenia klienta stanowić będzie dodatkowy koszt, za który nie będzie on skłonny zapłacić. Niezależnie od przyjętej metody gromadzenia danych badacz musi przyjąć, iż pomiary mogą być obciążone błędem spowodowanym jego obecnością. Powołać można się tu na efekt Hawthorne. Nazwa tego efektu wywodzi się od miasta Hawthorne gdzie w fabryce Western Electric Company, przeprowadzono badania mające na celu ocenę wpływu oświetlenia na pracowników. Eksperyment polegał na podzieleniu pracowników na dwie grupy, jedna pracowała w pomieszczeniu gdzie warunki oświetlenia były modyfikowane, druga w pomieszczeniu o stałym natężeniu światła. W trakcie badań okazało się, że zmiany natężenia światła, którym podlegali jedynie pracownicy pierwszej grupy powodowała podniesienie ich wydajności pracy. Badacze jednak zaskoczył fakt, iż wzrost wydajności dotyczył też pracowników w drugiej grupie. Dalsze badania polegały na zmniejszeniu oświetlenia i w tym wypadku również w obu grupach zauważono wzrost wydajności pracy. Badacze zaczęli weryfikować przyczyny jak zmiany oświetlenia w jednym pomieszczeniu mogły wpłynąć na warunki pracy pracowników z dwóch pomieszczeń. Okazało się, iż sama świadomość wśród pracowników tego, iż są poddawani ocenie wpłynęła na wzrost ich wydajności [10]. Ponadto poszczególne mierniki mogą wymagać różnych sposobów zbierania danych. Przykładowo mierniki związane z czasami napraw i czasami bezawaryjnej pracy maszyn wymagają prowadzenia książki maszyn, z której to na podstawie danych historycznych można wyliczyć odpowiednie mierniki. Zadowolenie klienta, mierzone jako liczba reklamacji, wymagać będzie zestawienia skarg z ustalonego okresu, natomiast jeżeli osoba dokonująca oceny zdecyduje się na ankiety posprzedażowe konieczne będzie ich opracowanie rozesłanie oraz przeanalizowanie. Dane dotyczące finansów również będą wyliczone w oparciu na danych historycznych. Natomiast mierniki związane bezpośrednio z kryterium technologicznym, czyli efektywność pracy pracownika, dostępność i wydajność maszyn wymagają stałej kontroli.

W dzisiejszej dobie komputeryzacji wykorzystanie komputerowego wspomaganie do budowy i stosowania mierników oceny może przyczynić się do eliminacji wielu trudności. Jednocześnie dostosowanie istniejących programów może stworzyć zupełnie nowe trudności dla osób dokonujących oceny procesu.

4. Zawilości w opracowaniu i stosowaniu wielokryterialnego miernika w przedsiębiorstwie X i Y

Zagadnienie oceny przebiegu procesu produkcyjnego przy zastosowaniu różnych kryteriów badano w dwóch przedsiębiorstwach, wytwarzających wyroby w procesach niepootokowych. Do badań wybrano metodę studium przypadku, dzięki czemu badacze

uzyskali dostęp do przebiegu całego procesu produkcyjnego, co ułatwiło jego kompleksową analizę.

Przedsiębiorstwo „X” zajmuje się wytwarzaniem zasilaczy hydraulicznych, bloków zaworowych, urządzeń dla ochrony środowiska, urządzeń okrętowych, wyciągarek samochodowych, pojazdów specjalistycznych itp. oraz realizuje zamówienia indywidualne. Zdywersyfikowany profil działalności oraz produkcja na zamówienie dla klientów krajowych i zagranicznych wymaga od kierownictwa sprawnego zarządzania dostępnymi zasobami, wśród których kluczowymi są specjalistyczne maszyny produkcyjne, takie jak frezarki, tokarki czy giętarki oraz wysoko wykwalifikowana kadra pracownicza. Procesy realizowane w przedsiębiorstwie dotyczą wytwarzania od jednej do kilku sztuk wyrobu oraz produkcją prototypów, zatem produkcja cechuje się częstymi przebrojeniami związanymi z niewielkimi partiami produkcyjnymi oraz nagłymi zleceniami dodatkowymi wymaganymi przy produkcji prototypu.

Przedsiębiorstwo „Y” specjalizuje się w produkcji wyrobów takich jak:

- elektryczne systemy ogrzewania rozjazdów oraz energetyki nietrakcyjnej,
- тренаżery uzbrojenia,
- systemy sterowania uzbrojeniem,
- napędy elektryczne w sprzęcie wojskowym,
- systemy sterowania oświetleniem zewnętrznym.

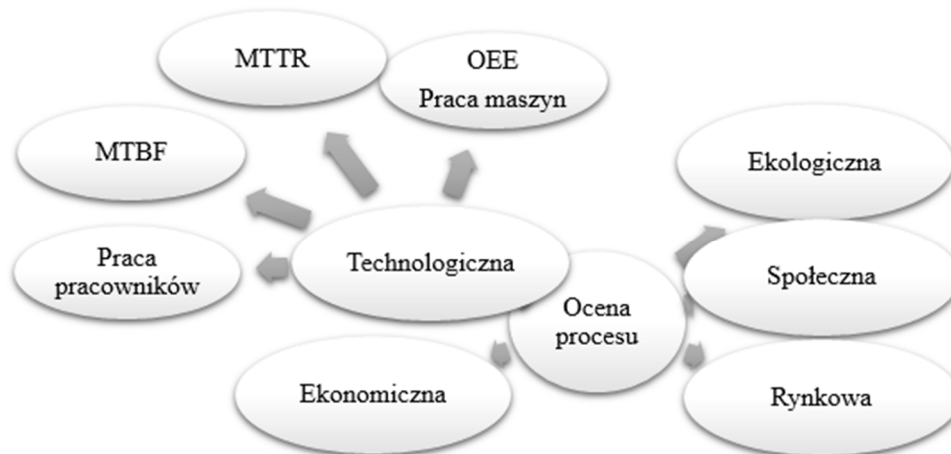
W przedsiębiorstwie „Y” proces produkcyjny cechował się:

- Występowaniem wielu partii produkcyjnych w liczbie zwykle do 10 sztuk, co było przyczyną częstych przebrojeń maszyny.
- Produkcją prototypów powodującą konieczność nagłych zmian planów produkcyjnych.
- Produkcją nowych elementów wymagających opracowania nowych programów sterowania.

Same elementy cechowały się znaczną różnorodnością, złożonością, a co za tym idzie zróżnicowanymi czasami trwania wykonywanych operacji oraz różną liczbą samych operacji a także małymi partiami produkcyjnymi.

W badanych przedsiębiorstwach wystąpiły wszystkie wcześniej opisane zawiłości przy ocenie procesu produkcyjnego. Dla potrzeb badanych procesów opracowany miernik oceny przebiegu niepotokowego procesu produkcyjnego uwzględniał pięć kryteriów oceny. Była to ocena pod kątem kryterium technologicznego, ekonomicznego, ekologicznego, społecznego i rynkowego. Rysunek 1 obrazuje budowę zastosowanego wielokryterialnego miernika, uwzględniając, że składa się on z pięciu kryteriów oraz że kryterium technologiczne reprezentowane jest przez cztery mierniki. Decyzja o przyjęciu tego podziału kryterium oceny uwarunkowano powiązaniem tych kryteriów z działami w przedsiębiorstwach (kryterium technologiczne z działem produkcyjnym, kryterium ekonomiczne z działem księgowym, kryterium społeczne z pełnomocnikiem do spraw bezpieczeństwa i higieny pracy, kryterium rynkowe z działem obsługi klienta).

Następnie zgodnie z ustaleniami z kierownictwem przedsiębiorstw X i Y pierwsze badania używające wielokryterialnego miernika oceny procesu miały uwzględnić jedynie ocenę technologiczną, a dopiero po zapoznaniu pracowników ze stosowaną metodą badania miały uwzględnić pozostałe cztery kryteria. Wraz z kierownictwem przedsiębiorstw oraz kierownikami produkcji podjęto decyzję, iż pierwsze badania skupią się jedynie na kryterium technologicznym.



Rys. 2. Wielokryterialny miernik oceny przebiegu procesu niepotokowego
 Źródło: opracowanie własne

Kryterium technologiczne miało zostać ocenione przez cztery mierniki:

- OEE – całkowita efektywność wyposażenia, składający się z mierników [11], [12]:
 - dostępności,
 - wydajności,
 - jakości,
- Efektywności pracy pracownika – obliczany jako stosunek czasu, podczas którego pracownik wykonywał czynności bezpośrednio związane z produkcją do czasu trwania zmiany roboczej
- MTTR – średni czas naprawy [13],
- MTBF – średni czas bezawaryjnej pracy [13],

Powyższe mierniki pozwalają na ocenę procesu poprzez uwzględnienie pracy maszyn oraz pracowników.

Pierwszym zauważonym dylematem był przedmiot pomiaru, tj. jaki fragment procesu zmierzyć, aby był on reprezentatywny dla całości procesów występujących w badanych przedsiębiorstwach.

Poniżej opisane zostały dylematy, które wystąpiły podczas stosowania wyżej opisanego miernika w przedsiębiorstwach X i Y.

Pierwszą trudnością było uwzględnienie oceny jakości. W związku z dbałością o relację z klientami mierniki związane z jakością są obecnie bardzo istotne dla kadry zarządzającej. Oceniając jakość należy rozważyć czy zamierza się ocenić ją z punktu widzenia operacji technologicznych czy też całego wyrobu lub też obu wariantów jednocześnie. W przedsiębiorstwie X [14] wykonano pomiary kilkoma miernikami, był to między innymi wskaźnik całkowitej efektywności wyposażenia (OEE) oraz liczba zgłaszanych reklamacji. Oba te mierniki uwzględniają ocenę jakości. Wskaźnik oceny całkowitej efektywności wyposażenia (ang. Overall Equipment Effectiveness) pozwala określić stopień wykorzystania maszyn w zakładach produkcyjnych oraz umożliwia ocenę sposobu organizacji procesu produkcyjnego, co prowadzi do zidentyfikowania czynników obniżających możliwości produkcyjne. Istotą stosowania miernika jest doskonalenie pracy urządzeń oraz procesów [10].

Wskaźnik całkowitej efektywności wyposażenia (OEE) składa się z trzech ściśle powiązanych ze sobą elementów [15]:

- dostępność,
- wydajność,
- jakość.

Wskaźnik dostępności wiąże się ze stosunkiem czasu pracy poświęconego na produkcję elementów do czasu operacyjnego netto, który to określa czas, podczas którego maszyna technologiczna mogła wytwarzać elementy. W zależności od stosowanego podejścia, czas operacyjny oblicza się odejmując od czasu zmiany roboczej czas poświęcony na planowane przestoje oraz szkolenia.

Wydajność oblicza się poprzez określenie stosunku rzeczywistej produkcji (obejmującej produkty spełniające wymagania klienta jak i nieprawidłowo wykonane wyroby) do produkcji docelowej, obliczonej na podstawie parametrów, podanych przez producenta.

Jakość natomiast jest ilorazem dobrej produkcji (czyli liczby wyrobów wytworzonych bez konieczności poprawy) do rzeczywistej produkcji.

Oznacza to, iż ocenie poddana została każda operacja technologiczna i gdy przebiegła ona poprawnie wyrób czy też element był uznany za produkcję dobrą. Natomiast przy jakimkolwiek błędzie, który spowodował uszkodzenie elementu uznano go za wadę.

Liczba zgłoszonych reklamacji natomiast pokazała jak klienci oceniają sprzedany im wyrób. Z punktu widzenia odbiorcy, nawet jeżeli jeden z elementów wyrobu wymagał podczas produkcji poprawy, wyrób wciąż może zostać oceniony jako dobry dla klienta, czyli spełniający jego wymagania.

Kolejną trudnością było samo skomplikowanie wielokryterialnego miernika. Jego stosowanie wymaga zaangażowania wielu pracowników z różnych działów oraz wprowadzenia nowych procedur. Przy stosowaniu prostych procesów produkcyjnych, które nie mają kluczowego znaczenia należy rozważyć stosowanie uproszczonej wersji miernika lub też jedynie kilku jego elementów. Początkowo prowadzone badania w przedsiębiorstwie Y miały polegać na ocenie procesów produkcyjnych dla wszystkich wyrobów. Jednak po zapoznaniu się ze specyfiką firmy i rozmowach z kierownictwem dokonano jedynie oceny jednego typu wyrobów. Pozostałe wyroby były wytwarzane w bardzo nieregularnych odstępach czasu oraz w małej liczbie do 15 sztuk/miesiąc.

Przy założeniu, że istnieje wielokryterialny miernik oceny przebiegu procesu niepotokowego, który można zastosować dla realizowanego w przedsiębiorstwie procesu można spotkać się z trudnością dostosowania go do różnych typów obrabiarek. Mierząc proces produkcyjny należy uwzględnić, iż operacje w nim zachodzące mogą być wykonywane przez maszyny sterowane komputerowo, sterowane ręcznie lub też przez pracowników bez udziału maszyn. Dlatego też poniżej opisano dwie różne maszyny, pierwszą była frezarka sterowana numerycznie, drugą czteroosiowa tokarka ręczna. W pierwszym przypadku rola operatora polegała na umieszczeniu elementu w imadle, włączeniu wcześniej napisanego programu obróbki, wyjęciu elementu oraz jego sprawdzeniu. Frezarka znajduje się w zakładzie X od 8 lat, obsługuje ją jeden operator, który przeszedł wszystkie szkolenia zalecane przez producenta, dzięki czemu dysponuje on bazą już napisanych programów, które modyfikuje w zależności od pojawienia się nowych zleceń produkcyjnych. Maszyna jest sterowana komputerowo pozwala to zatem pracownikowi włączyć program dla jednego elementu i podczas gdy jest on poddawany obróbce operator może przygotowywać i doskonalić istniejące już programy dla kolejnych elementów. Oznacza to, iż wpływ pracownika na wartość wskaźnika OEE dotyczy czasu umieszczania i wyjęcia elementu z imadła (składowa dostępność) oraz poprawności napisania programów

komputerowych (składowa jakość). Natomiast w drugiej maszynie pracownik po umieszczeniu elementu musiał przesuwając odpowiednio podzespoły maszyny posługując się miarami, aby element przez cały czas podlegał prawidłowej obróbce, zadanie to wymaga bardzo dużej precyzji i doświadczenia. Różnica w obsłudze maszyn spowodowała trudność w stosowaniu wskaźnika OEE. Wskaźnik dostępności wymagający identyfikacji czasu poświęconego na: produkcję, przerwy, zmiany elementów, awaria itp. w obu przypadkach mógł być obliczony, chociaż przy obrabiarce sterowanej komputerowo pracownik mógł zaznaczać poszczególne czasy podczas pracy maszyny, natomiast przy tokarce ręcznej w celu zaznaczenia czasu trwania poszczególnych czynności pracownik nie mógł wykonywać swoich obowiązków. Wskaźnik wydajności wymaga znajomości czasów mikroprzebiegów w przypadku frezarki można było pozyskać te dane z komputera maszyny, jednak dla tokarki obliczenie tej składowej było niemożliwe. Natomiast składowa jakości wymaga kontroli komponentu i uznania go za dobrą produkcję lub za wadę. W przypadku maszyn sterowanych komputerowo po zakończeniu obróbki pracownik wyjmował wyrób z imadła i dokonywał jego oceny. Jeżeli wyrób wymagał poprawek był uznany za wadę, po czym w miarę możliwości poddawany ponownej obróbce lub utylizacji. Natomiast, gdy oceniano wyroby wytwarzane na tokarce ręcznej trudno było wyznaczyć moment dokonania kontroli. Pracownik podczas obróbki przesuwając odpowiednie podzespoły maszyny, dokonując wizualnej kontroli i na bieżąco dokonywał korekt w wyrobie, dzięki czemu po wyjęciu elementu z imadła otrzymywał zawsze dobry wyrób.

Powyższa sytuacja wymaga nie tylko rozważań dotyczących modyfikacji poszczególnych mierników, ale też wymusza podjęcie decyzji dotyczącej całkowitego wykluczenia któregoś z mierników. Powoduje to z kolei konieczność podziału wagi przypisanej temu miernikowi, albo dodanie innego miernika.

5. Podsumowanie

Ocena przebiegu procesu wykonana pod kątem różnych kryteriów, przy użyciu kilku mierników pozwala na kompleksową ocenę procesu. Należy pamiętać, iż efektem procesu produkcyjnego jest nie tylko gotowy wyrób dostarczony do magazynu, ale również stopień zadowolenia różnych interesariuszy w tym pracowników czy klientów. Ponadto efektem jest uzyskany przychód w stosunku do poniesionych nakładów czy nawet ocena całego przedsiębiorstwa pod kątem społecznej odpowiedzialności. Właśnie dlatego użycie miernika wielokryterialnego jest istotne z punktu widzenia oceny przebiegu procesu, gdyż uwzględnia złożoność tegoż procesu oraz zapewnia szerokie spojrzenie na ten proces, a nie tylko na jego ocenę techniczną.

Dotychczas prowadzone badania potwierdziły wśród kierownictwa zakładów produkcyjnych rosnącą świadomość potrzeby stosowania takiego miernika. Jednocześnie wykazały, że istnieje szereg trudności i zawiłości związanych z syntetyczną oceną przebiegu tego procesu. Wyniki tych badań posłużyły również do sformułowania założeń do opracowania szczegółowego miernika oceny przebiegu procesu niepotokowego, co stanowi przedmiotem dalszych badań.

Literatura

1. Kukułka A., Wirkus M.: Ocena przebiegu procesów produkcyjnych, Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji red. R. Knosala, Tom I, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2015.

2. Productivity Press Development Team: Gniazdo produkcyjne, przepływ jednej sztuki dla zespołów roboczych, wydawnictwo ProdPublishing, Wrocław 2010.
3. Pająk E.: Zarządzanie produkcją Produkt, technologia, organizacja, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa, 2006.
4. Kosieradzka A.: Metoda wielokryterialnej oceny produktywności, Zarządzanie przedsiębiorstwem, nr 2, 2004.
5. Bielawa A., Przegląd kryteriów i mierników efektywnościowych przedsiębiorstw nastawionych pro jakościowo, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, Tom 1 Zarządzanie i Marketing, 2013.
6. Samuelson P., Nordhaus W., Ekonomia, tom 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999.
7. Koliński A., Przegląd metod i technik oceny efektywności procesu produkcyjnego, Logistyka, nr 5, 2011, s. 1083-1091.
8. Kosieradzka A., Zarządzanie produktywnością w przedsiębiorstwie, Wydawnictwo C.H.Beck, Warszawa, 2012.
9. Flynn B., Schroeder R., Flynn J.: World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's foundation, Journal of Operations Management 17, 1999, s. 249–252.
10. Coombs S., Smith I.: The Hawthorne effect: Is it a help or a hindrance in social science research?, Change: Transformations in education, volume 6.1, 2003.
11. Duplaga M.: Wdrażanie TPM w praktyce dużego przedsiębiorstwa. Technologia i Automatyzacja Montażu nr 3, 2009.
12. Czerska, J., Doskonalenie strumienia wartości, Wydawnictwo Difin, Warszawa, 2000.
13. Mączyński W.: Wskaźnik OEE, MTBF i MTTR – czy to coś więcej niż wartości bezwzględne?, „Utrzymanie Ruchu”, nr 1, 2011, s 28-30.
14. Wirkus M., Kukulka A.: Obliczanie składowej jakości OEE przy wielu operacjach technologicznych, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, nr 2, 2015, s. 40-47.
15. Kukulka A., Barylski A.: Metodyka Badawcza z wykorzystaniem wskaźnika całkowitej efektywności wyposażenia, [w.] Zarządzanie operacyjne w teorii i praktyce, Systemy techniczne i społeczne, red J. Łopatowska, G. Zieliński, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2014.

Dr hab. inż. Marek WIRKUS, prof. PG
 Mgr inż. Alicja KUKUŁKA
 Katedra Inżynierii Zarządzania Operacyjnego,
 Wydział Zarządzania i Ekonomii
 Politechnika Gdańska
 80-233 Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12
 e-mail: Marek.Wirkus@zie.pg.gda.pl
 kukulka.alicja@gmail.com