

e-mentor

DWUMIESIĘCZNIK SZKOŁY GŁÓWNEJ HANDLOWEJ W WARSZAWIE
WSPÓŁWYDAWCA: FUNDACJA PROMOCJI I AKREDYTACJ KIERUNKÓW EKONOMICZNYCH

2017, nr 2 (69)



Adam Koliński, Bogusław Śliwczyński, Paulina Golińska-Dawson, *Metoda modelowania procesu oceny efektywności produkcji z wykorzystaniem standardu BPMN*, „e-mentor” 2017, nr 2(69), s. 70–81, <http://dx.doi.org/10.15219/em69.1294>.

Metoda modelowania procesu oceny efektywności produkcji z wykorzystaniem standardu BPMN

Adam Koliński
Bogusław Śliwczyński
Paulina Golińska-Dawson

W dobie dynamicznie zmieniającej się sytuacji rynkowej, szybkość przepływu informacji oraz podejmowania decyzji są kluczowymi czynnikami wpływającymi na konkurencyjność przedsiębiorstw. Proces podejmowania decyzji może być skutecznie wspomagany narzędziami symulacyjnymi, które umożliwiają analizę potencjalnych korzyści lub zagrożeń wynikających z realizacji planowanych działań. Etapem bezpośrednio poprzedzającym wykorzystanie narzędzi symulacyjnych jest modelowanie procesów, bez którego nie ma możliwości skutecznego monitorowania i kontrolowania realizowanych działań. Zdefiniowanym przez autorów problemem badawczym jest sposób przeprowadzenia oceny efektywności procesu produkcji, uwzględniającej zarówno wielowymiarową analizę zależności zachodzących wewnątrz procesu, jak i powiązań z innymi procesami mającymi wpływ na ciągłość przepływu materiałowego. Celem artykułu jest prezentacja koncepcji modelu oceny efektywności procesu produkcji jako propozycji zniwelowania zidentyfikowanej luki badawczej dotyczącej fragmentarycznego definiowania zagadnienia efektywności. W publikacji skoncentrowano się na problematyce modelowania procesu oceny efektywności produkcji w środowisku iGrafx Process 2011 for Six Sigma, z wykorzystaniem standardu BPMN (Business Process Model and Notation).

Ocena efektywności jest o tyle trudnym zagadnieniem, że w literaturze przedmiotu można znaleźć liczne, coraz bardziej złożone metody jej wyznaczenia i oceny. Kadra zarządcza jest zatem zmuszona do wykorzystywania skomplikowanych narzędzi analitycznych, wspomaganych narzędziami informatycznymi oraz systemami informatycznymi zarządzania w celu określenia efektywności procesu produkcji. Pomimo powszechnego zastosowania systemów informatycznych wspomagających zarządzanie przed-

siębiorstwem, z przeprowadzonych przez autorów badań¹ wynika jednak, że analiza efektywności jest w praktyce obszarem o niskim stopniu z informatyzowania, co utrudnia przeprowadzenie skutecznej analizy procesów zachodzących w firmie.

Analiza efektywności wymaga kompleksowego podejścia zarówno z punktu widzenia samej koncepcji jej przeprowadzenia, jak również rozwiązań informatycznych wspierających proces podejmowania decyzji².³ W literaturze przedmiotu i praktyce gospodarczej istnieje zapotrzebowanie na kompleksowe narzędzia i metody, które ułatwiają szybką reakcję na zmiany zachodzące w otoczeniu rynkowym, przy równoczesnym zapewnieniu efektywności procesu produkcji. Opracowany przez autorów model oceny efektywności procesu produkcyjnego został zaimplementowany w narzędziu informatycznym, umożliwiającym symulację procesów produkcyjnych. Rozwiązanie takie wspiera podejmowanie decyzji menadżerskich i szybkie reagowanie na zmienne otoczenie rynkowe.

Metodologia prowadzonych badań

Ze względu na charakter koncepcyjno-przeładowy opracowania, autorzy postanowili przedstawić metodologię prowadzonych badań nad całościowym opracowaniem modelu oceny efektywności procesu produkcji.

Proces badania naukowego wynika z logiki analizy strukturalnej zidentyfikowanego problemu badawczego. Opracowany model szczegółowej analizy i oceny efektywności procesu produkcji umożliwia syntezę elementów ważnych z punktu widzenia specyfiki poruszanego problemu⁴. Przyjęta metodyka pracy badawczej ma na celu usystematyzowanie postępowania

¹ Więcej na ten temat w: A. Koliński, B. Śliwczyński, *IT support of production efficiency analysis in ecological aspect*, [w:] P. Golińska, A. Kawa (eds.), *Technology Management for Sustainable Production and Logistics*, Springer Verlag, Berlin 2015, s. 205–219.

² J. Trojanowska, M.L.R. Varela, J. Machado, *The Tool Supporting Decision Making Process in Area of Job-Shop Scheduling*, [w:] Á. Rocha, A. Correia, H. Adeli, L. Reis, S. Costanzo (eds.), *Recent Advances in Information Systems and Technologies*, WorldCIST 2017, s. 490–498.

³ M. Adamczak, R. Domanski, L. Hadas, P. Cyplik, *The integration between production-logistics system and its task environment-chosen aspects*, „IFAC-PapersOnLine” 2016, Vol. 49, No. 12, s. 656, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.771>.

⁴ T. Mendel, *Metodyka pisania prac doktorskich*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Poznań 2009, s. 41.

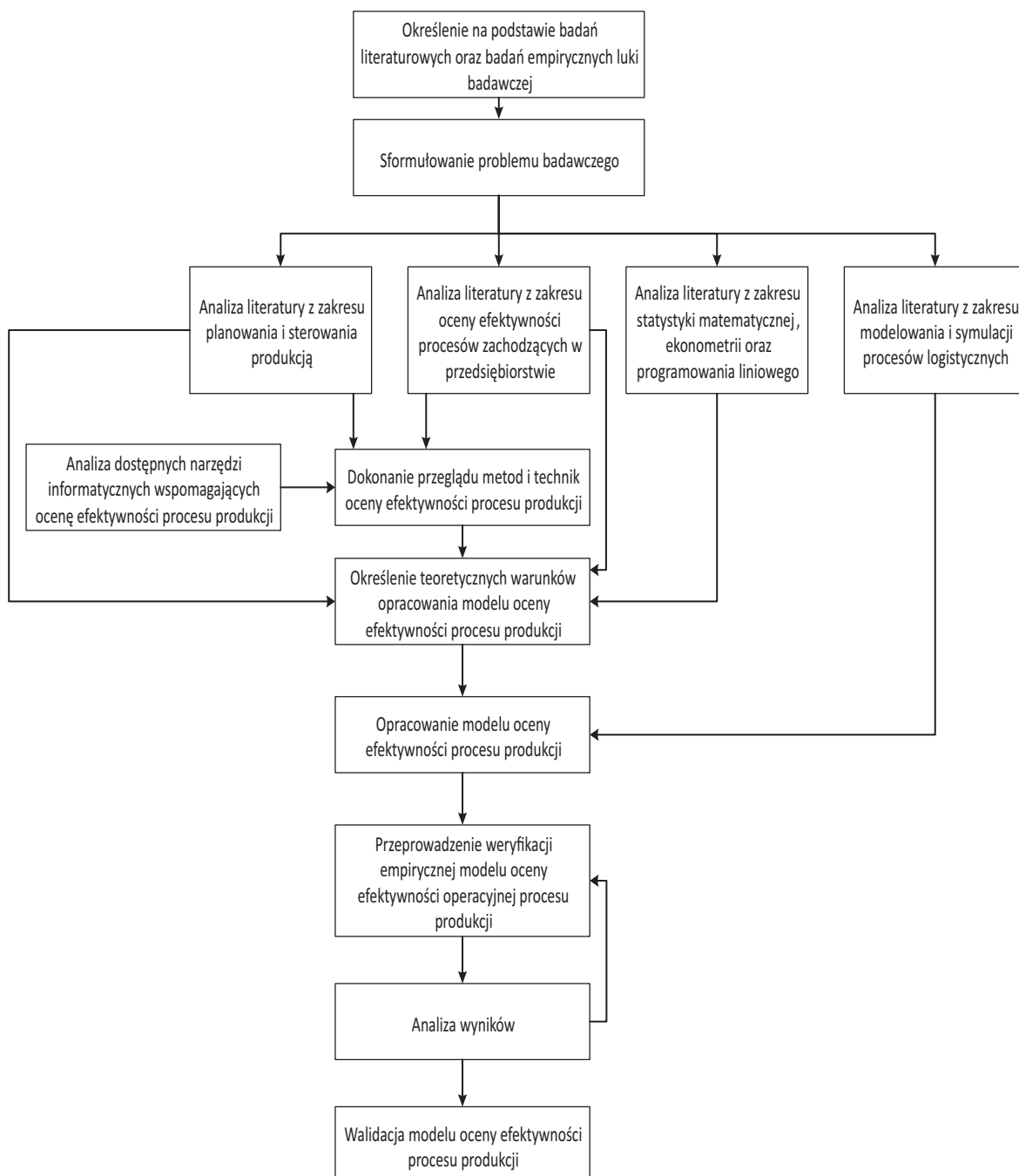
Metoda modelowania procesu oceny efektywności...

opartego na naukowych zasadach badawczych. Logikę rozwiązania problemu badawczego przedstawiono na rysunku 1.

W omawianej pracy autorzy zastosowali następujące metody badawcze:

- analizę literatury przedmiotu, która miała na celu ocenę stanu faktycznego dla rozwiązania problemu badawczego i uzyskanie wyjaśnień naukowych związanych z postawionym problemem poznawczym,
- modelowanie procesów, które ma na celu przedstawienie i odwzorowanie procesów realizowanych w praktyce gospodarczej, związane ze zidentyfikowanym problemem normatywnym,
- analizy ilościowe (matematyczne oraz ekonometryczne) mające na celu empiryczną weryfikację opracowanych procesów (studia przypadków) w ramach modelu oceny efektywności operacyjnej procesu produkcji,

Rysunek 1. Logika rozwiązania problemu badawczego



Źródło: Opracowanie własne.

- eksperyment badawczy, rozumiany jako poznawanie wpływu na proces poszczególnych czynników i danych wejściowych, za pomocą symulacji modelu oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji, z wykorzystaniem środowiska informatycznego.

W ramach prowadzonych badań stwierdzono, że fragmentaryczne zdefiniowanie problematyki efektywności wpływa na niedoprecyzowanie zakresu przeprowadzania analizy i oceny efektywności procesu produkcji. Wniosek ten obrazuje podstawową lukę badawczą, determinującą prowadzenie dalszych badań naukowych.

W artykule opisano koncepcję modelu oceny efektywności procesu produkcji, a także środowisko, zasady i zakres projektowania oraz analizy procesów z wykorzystaniem notacji BPMN, która tworzy podstawę metodyczną opracowanego modelu symulacyjnego. Praktyczne przygotowanie modelu symulacyjnego jako aplikacji informatycznej zostało zamodelowane i symulacyjnie zweryfikowane w środowisku *iGrafx Process 2011 for Six Sigma*, które umożliwia wielowymiarowe badania scenariuszy rozwiązań przepływu materiałowego i informacyjnego w procesie produkcji.

Opracowanie modelu oceny efektywności procesu produkcji w ujęciu symulacyjnym, który ma na celu przyspieszenie procesu podejmowania decyzji kierowniczych, wymagało przeprowadzenia badań za pomocą metody krytycznego przeglądu literatury. Przegląd taki pozwala na dookreślenie przedmiotu badań oraz wskazanie słabości kategorii pojęciowych i koncepcji teoretycznych, a także podobieństw i zależności między nimi. Pozwala on zaproponować modyfikacje istniejących podejść.

Uwzględniający specyfikę problemu zmodelowania oceny efektywności procesu produkcji przegląd literatury dotyczył zarówno publikacji na temat zarządzania i sterowania produkcją, oceny efektywności procesów zachodzących w przedsiębiorstwie, modelowania i projektowania procesów, jak i statystyk matematycznych, ekonometrii oraz programowania liniowego. Ze względu na specyfikę artykułu, autorzy skoncentrowali się w nim na uwzględnieniu przeglądu literatury dotyczącej oceny efektywności procesu produkcji oraz modelowania i symulacji procesów logistycznych, ze szczególnym uwzględnieniem procesów produkcyjnych. Problematyka modelowania procesu oceny efektywności produkcji jest jedynie fragmentaryczną częścią przeprowadzonego przez nich kompleksowego przeglądu literatury.

Standard modelowania BPMN

Jedną z najczęściej stosowanych metodyk odwzorowania procesów biznesowych jest metodyka oparta na modelu referencyjnym SCOR (*Supply Chain Operations Reference Model*). Konieczność wymiany danych operacyjnych procesu, przy uwzględnieniu podziału na operacje i transakcje oraz zdarzenia inicjujące, dokumenty i raporty wyjściowe stanowi podstawę zwymiarowania i operacyjnego przygotowania procesów zgodnie z koncepcją BPMN⁵.

BPMN jest standardem mającym na celu przedstawienie w sposób graficzny procesów zachodzących w praktycznie każdym rodzaju działalności gospodarczej. Głównie zadanie BPMN to dostarczenie metodyki, która jest opracowana w sposób zrozumiały dla użytkowników, począwszy od analityków biznesowych, którzy tworzą szkice początkowe i prototypy projektowanych procesów, przez technicznych programistów, odpowiedzialnych za faktyczne ich wykonanie, aż do pracowników przedsiębiorstw weryfikujących modele w praktyce – wdrażających i monitorujących procesy⁶. Notacja BPMN została zainspirowana diagramami UML (*Unified Modelling Language*), w celu graficznego przedstawienia procesów, ale również uzupełniona możliwościami analizy matematycznej, która pozwala na bezpośrednie przełożenie na języki wykonawcze procesów biznesowych⁷.

Notacja BPMN używa unikatowej terminologii w celu uniknięcia nieporozumień w odniesieniu do innych notacji modelowania. W tabeli 1 przedstawiono podstawową terminologię wykorzystywaną w notacji BPMN.

W praktyce gospodarczej można spotkać liczne narzędzia informacyjne służące do modelowania i symulowania zgodnie z notacją BPMN. Jednym z najczęściej wykorzystywanych w przedsiębiorstwach jest *iGrafx Process*. Środowisko informatyczne *iGrafx Process* umożliwia edytowanie rozbudowanych schematów procesów w celu ich przejrzystego zaprezentowania oraz zrozumiałego przeprowadzenia symulacji w późniejszym czasie. *iGrafx Process* umożliwia również odczytywanie diagramów sporządzonych w *MS Visio* oraz ich weryfikację pod względem poprawności logiki procesowej. Wykorzystanie środowiska informatycznego *iGrafx Process 2011 for Six Sigma* jest determinowane badaniami naukowymi przeprowadzonymi przez autorów w ramach projektu badawczego⁸ *Symulacja zarządzania przepływem materiałów przedsiębiorstwa instrumentem wielowariantowej*

⁵ B. Śliwczyński, *Zarządzanie procesami biznesowymi w łańcuchu dostaw wspomagane narzędziami elektronicznej gospodarki*, „LogForum” 2005, Vol. 1, No. 1, s. 3–11.

⁶ M. Chinosi, A. Trombetta, *BPMN: An introduction to the standard*, „Computer Standards & Interfaces” 2012, Vol. 34, No.1, s. 126, <http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>.

⁷ M. Stajniak, B. Guszczak, *Analysis of logistics processes according to BPMN methodology*, [w:] P. Golinska, M. Fertsch, J. Marx-Gomez (eds.), *Information Technologies in Environmental Engineering – new trends and challenges*, „Environmental Science and Engineering” 2011, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-19536-5_42, s. 538.

⁸ Projekt badawczy *Symulacja zarządzania przepływem materiałów przedsiębiorstwa instrumentem wielowariantowej analizy efektywności procesów transportowych* (Nr N N509 549940) jest realizowany ze środków finansowania nauki przyznanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego decyzją Nr 5499/B/T02/2011/40.

Tabela 1. Podstawowa terminologia wykorzystywana w notacji BPMN

Kategoria	Określenie	Opis
Obiekty przebiegu procesu (<i>flow objects</i>)	Zdarzenia (<i>event</i>)	Zdarzenia symbolizują przyczynę lub rezultat procesu. Specyfikacja BPMN określa trzy typy zdarzeń: zdarzenia początkowe, zdarzenia pośrednie i zdarzenia końcowe.
	Działania (<i>activity</i>)	Działanie jest ogólnym terminem opisującym element pracy, który jest wykonywany w ramach organizacji procesów. Działanie może odnosić się do procesów, podprocesów lub pojedynczych zadań i operacji.
	Bramki (<i>gateway</i>)	Bramka kontroluje rozbieżności i konwergencje połączeń przebiegu procesu (<i>sequence flow</i>). Określa rozgałęzienia, warunkowe rozwidlenia i łączenia ścieżek procesu.
Połączenia (<i>connecting objects</i>)	Połączenia przebiegu procesu (<i>sequence flow</i>)	Przebieg procesu reprezentuje uporządkowaną kolejność wykonywania działań. Jest wizualnie przedstawiony za pomocą strzałek pomiędzy obiektami przebiegu procesu (<i>flow objects</i>).
	Połączenia wiadomości (<i>message flow</i>)	Połączenia wiadomości służą do odwzorowania przepływu informacji w postaci komunikatów w ramach całego procesu.
	Połączenia towarzyszące (<i>association</i>)	Połączenia towarzyszące reprezentują związek pomiędzy artefaktami a obiektami przebiegu procesu (<i>flow objects</i>) i torami (<i>swimlines</i>).
Tory (<i>swimlines</i>)	Jednostka biznesowa, uczestnik (<i>pool</i>)	Jednostka biznesowa służy do rozdzielenia działań zachodzących w procesie między uczestników procesu.
	Role (<i>lanes</i>)	Role pozwalają określić przydział poszczególnych działań składających się na proces do odpowiednich jednostek organizacyjnych.
Artefakty (<i>artifacts</i>)	Obiekty danych (<i>data objects</i>)	Obiekty danych są elementami ukazującymi dane wejściowe oraz wyjściowe poszczególnych działań składających się na proces.
	Grupy (<i>groups</i>)	Grupy pozwalają na oznaczenie obiektów w celach informacyjnych, co nie ma wpływu na przebieg procesu symulacyjnego.
	Adnotacje (<i>annotation</i>)	Adnotacje stanowią dodatkowe informacje włączane do modelu procesu w celach informacyjnych.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: P. Briol, *BPMN – The Business Process Modeling Notation Pocket Handbook*, Lulu Press Inc., Raleigh, North Carolina 2008.

analizy efektywności procesów transportowych. Projekt ten uwzględniał problematykę efektywności przepływu materiałowego jedynie w procesach zaopatrzenia i transportu na podstawie symulacji planów sprzedaży i operacji (S&OP), niemniej jednak procedura symulacyjna oraz weryfikacyjna umożliwiła autorom szerokie wykorzystanie tego narzędzia w ocenie efektywności procesu produkcji.

Model oceny efektywności procesu produkcji w standardzie BPMN

Ze względu na złożoność opracowanej koncepcji efektywności ekonomicznej procesu produkcji⁹, w niniejszej publikacji autorzy skoncentrowali się na modelowaniu tego procesu. Przy uwzględnieniu uwarunkowania środowiska informatycznego *iGrafX Process 2011 for Six Sigma*, opracowano koncepcję narzędzia informatycznego mającego na celu wielowymiarową symulację procesu produkcji.

Rysunki 2 i 3 przedstawiają ogólny model oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji z wykorzystaniem środowiska informatycznego *iGrafX Process 2011 for Six Sigma*.

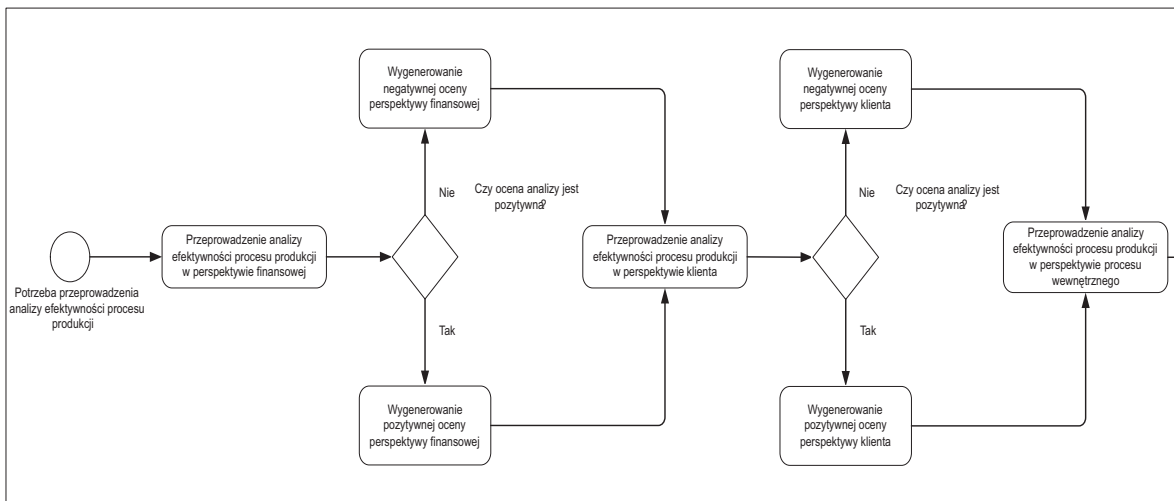
Na potrzeby symulacji modelu oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji dokonano następujących założeń:

- wszystkie podprocesy modelu oceny efektywności ekonomicznej produkcji (perspektywa finansowa, perspektywa klienta, perspektywa procesu wewnętrznego i perspektywa rozwoju) są równoważne,
- wskaźniki w poszczególnych podprocesach nie są równoważne,

Uwzględniając koncepcję pozyskiwania danych wejściowych do procesu symulacyjnego z systemów informatycznych wspomagających zarządzanie procesami w przedsiębiorstwie, zdecydowano się na uproszczenie dotyczące opracowania danych wsadowych w arkuszu kalkulacyjnym. Mając na uwadze złożoność

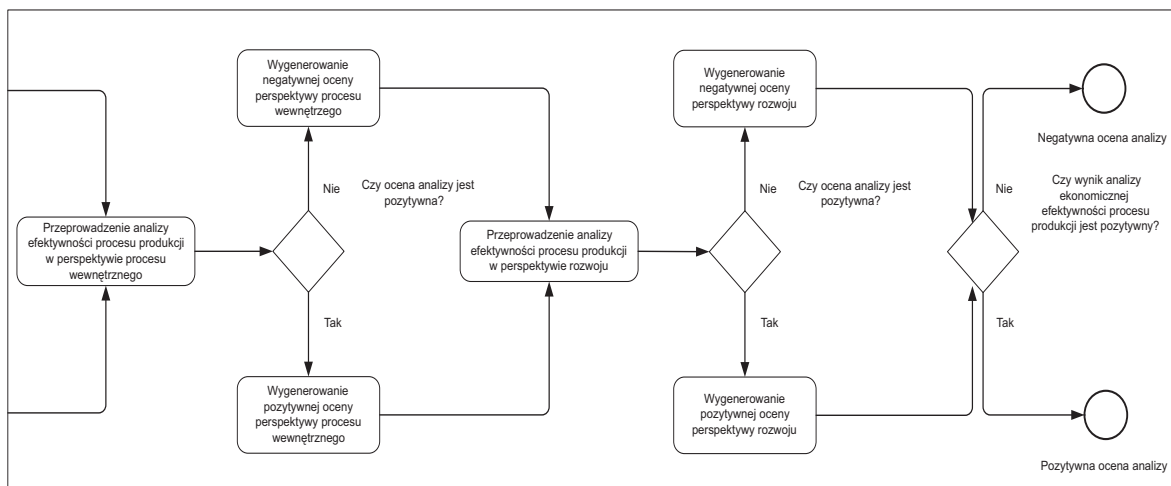
⁹ Autorzy przedstawili koncepcję opracowania modelu oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji w pracy: A. Koliński, B. Śliwczyński, P. Golińska-Dawson, *Evaluation model for production process economic efficiency*, „LogForum” 2016, Vol. 12, No. 2, s. 129–145, <http://dx.doi.org/10.17270/J.LOG.2016.2.3>.

Rysunek 2. Ogólny model symulacyjny oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji – cz. 1



Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego iGrafix Process 2011 for Six Sigma.

Rysunek 3. Ogólny model symulacyjny oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji – cz. 2



Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego iGrafix Process 2011 for Six Sigma.

powiązań strukturalnych i procesowych, dotyczących pozyskiwania danych do modelu efektywności ekonomicznej procesu produkcji, uznano, że na potrzeby symulacji wszystkie dane zaimplementowane z arkusza kalkulacyjnego MS Excel są rzeczywistymi danymi wynikowymi uzyskanymi z przedsiębiorstw produkcyjnych.

Algorytm analizy ekonomicznych korzyści został opracowany, ponieważ uzyskanie wszystkich wyników analizy w zakresach normatywnych jest mało prawdopodobne. Jest to spowodowane wzajemnym oddziaływaniem wskaźników, tzn. gdy dokona się celowych czynności poprawiających jeden wskaźnik, można jednocześnie wpłynąć negatywnie na wartość innych.

Analizę poszczególnych wariantów należy prowadzić na podstawie zasad optymalizacji procesowej i oceny kompleksowej zgodnie z logiką myślenia sieciowego. Istotą tej logiki stanowi wykreowanie, a następnie wartościowe zhierarchizowanie zbiorów rozwiązań na podstawie funkcji celu, co w rezultacie prowadzi do wyboru najlepszych rozwiązań¹⁰. Z tego względu powyższe rozważania teoretyczne, dotyczące analizy ekonomicznych korzyści, dopuszczają do dalszych analiz również warianty optymalizacyjne określone jako ekonomicznie dopuszczalne. Opracowana logika umożliwia uniwersalne określenie hierarchii wskaźników.

¹⁰ W. Mantura, *Zarys kwalitologii*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010, s. 133.

Metoda modelowania procesu oceny efektywności...

Przedstawiony schemat analizy korzyści ekonomicznych uzyskanych wyników (rysunek 4) dotyczy przyznawania punktów na podstawie następujących założeń:

- ustalono maksymalną liczbę punktów – 10,
- po określeniu hierarchii wskaźników zastosowano wyznaczenie liczby przewag lub równowagi analizowanego miernika względem pozostałych,
- liczbę punktów zaokrąglono do całości w górę.

Logika przyznawania punktów za miejsca w hierarchii dla odpowiednich elementów oceny ekonomicznej efektywności procesu produkcji w poszczególnych perspektywach jest jednakowa. Z tego względu w artykule logikę przedstawiono jedynie na przykładzie oceny efektywności w perspektywie finansowej.

Analizę efektywności procesu produkcji w perspektywie finansowej cechują następujące elementy:

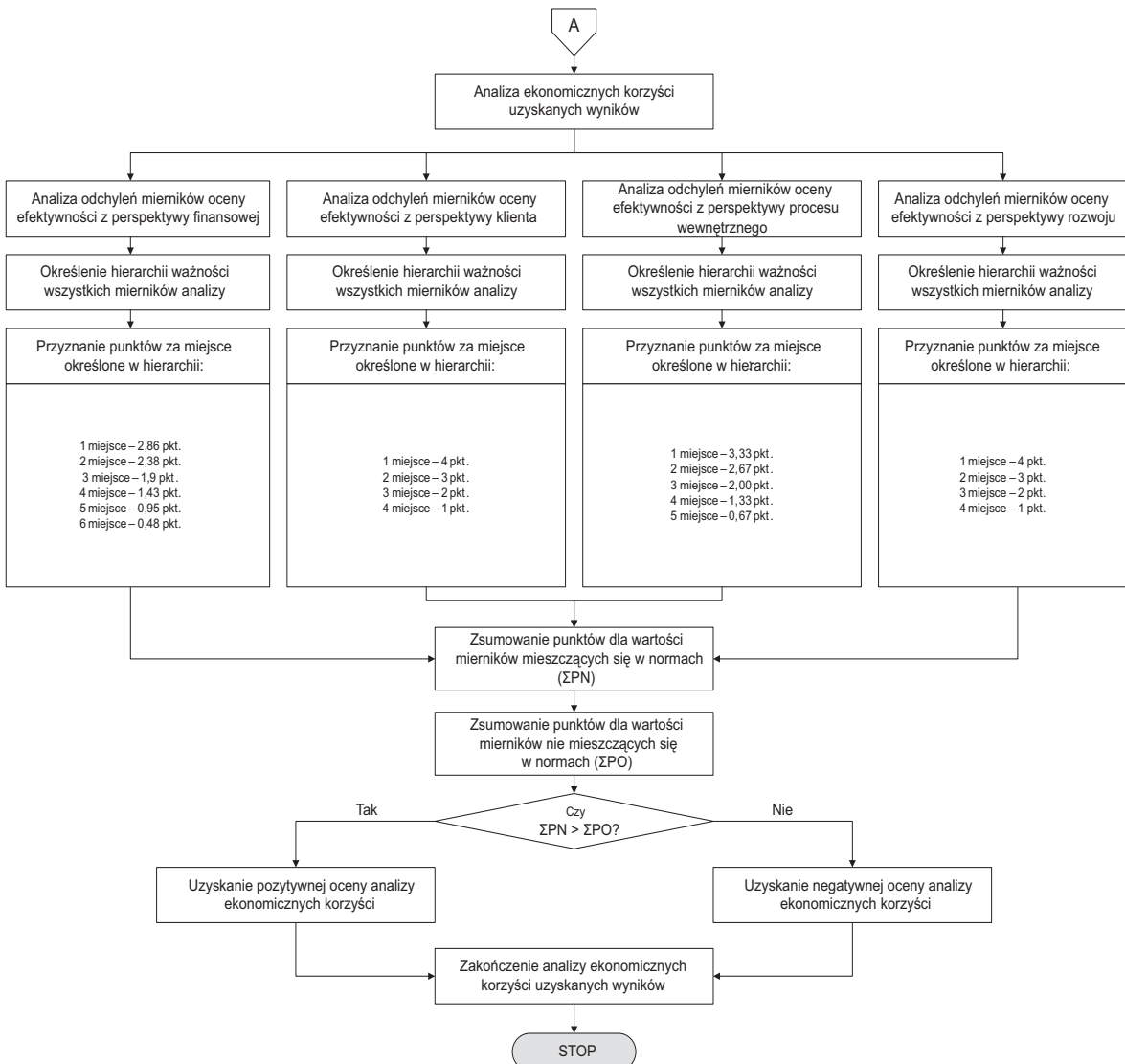
- liczba opracowanych wskaźników – 6,
- opis wskaźników zgodnie z hierarchią: W1, W2, ..., W6.

Tabela 2. Przyznanie punktów w hierarchii wskaźnikowej – W6

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	Przewaga	Waga	Liczba punktów
W1	X	X	X	X	X	X	6	0,286	2,86
W2		X	X	X	X	X	5	0,238	2,38
W3			X	X	X	X	4	0,190	1,90
W4				X	X	X	3	0,143	1,43
W5					X	X	2	0,095	0,95
W6						X	1	0,048	0,48
							21	1	10

Źródło: Opracowanie własne.

Rysunek 4. Analiza ekonomicznych korzyści uzyskanych wyników



Źródło: Opracowanie własne.

Algorytm ekonomicznych korzyści został przedstawiony w środowisku informatycznym *iGrafx Process 2011 for Six Sigma* jako bezpośrednia analiza wartości obliczeniowej w porównaniu z zakresem wartości normatywnych. Wyniki wypracowane przy każdorazowej analizie poszczególnych wskaźników umożliwiają przeprowadzenie analizy ekonomicznych korzyści w postaci analizy przewagi wskaźników pozytywnie ocenionych, względem wskaźników ocenionych negatywnie, przy jednoczesnym wzięciu pod uwagę hierarchii ważności poszczególnych wskaźników.

Po uszczegółowieniu algorytmów w celach symulacyjnych, model oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji składa się z:

- analizy efektywności w perspektywie finansowej (EFF11),
- analizy efektywności w perspektywie klienta (EFF12),
- analizy efektywności w perspektywie procesu wewnętrznego (EFF13),
- analizy efektywności w perspektywie rozwoju (EFF14).

W modelu symulacyjnym oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji jest zdefiniowany pakiet danych jako atrybuty scenariuszowe¹¹. Ich zestawienie przedstawia rysunek 5.

Większość danych zdefiniowanych w środowisku informatycznym *iGrafx Process 2011 for Six Sigma* określono jako atrybuty transakcyjne¹², dzięki którym

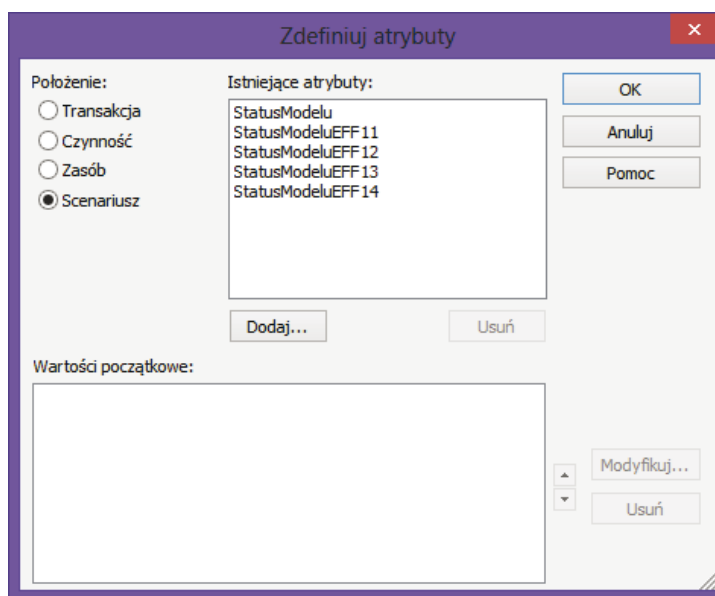
możliwe jest przeliczanie wartości poszczególnych wskaźników. Atrybuty zostały powiązane z generatorem EFF10 pobierającym dane z arkusza kalkulacyjnego *MS Excel*. W celu precyzyjnego i jednoznacznego opracowania atrybutów przyjęto:

- każdy z podprocesów modelu oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji został określony odpowiednim symbolem (indeksem) EFF11, EFF12, EFF13, EFF14, EFF15 i EFF14,
- wszystkie atrybuty niezbędne do wykonania poszczególnych podprocesów, zostały oznaczone skrótami zgodnymi z danym podprocesem,
- identyczne oznakowanie zastosowano w macierzy danych wsadowych w arkuszu kalkulacyjnym *MS Excel*, w celu łatwego przypisania atrybutów do poszczególnych danych wejściowych.

Logika optymalizacji w środowisku informatycznym *iGrafx*, opracowana na potrzeby symulacji, jest stosowana we wszystkich podprocesach modelu oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji. Z tego względu logikę opracowania modelu symulacyjnego przedstawiono jedynie na przykładzie analizy efektywności ekonomicznej procesu produkcji w perspektywie finansowej (rysunek 6).

W tabeli 3 przedstawiono symbolikę opracowaną w *iGrafx Process 2011 for Six Sigma*, w zestawieniu z krótką charakterystyką poszczególnych wielkości składowych analizy efektywności ekonomicznej procesu produkcji w perspektywie finansowej. Zawarte

Rysunek 5. Atrybuty scenariuszowe w modelu oceny ekonomicznej efektywności procesu produkcji

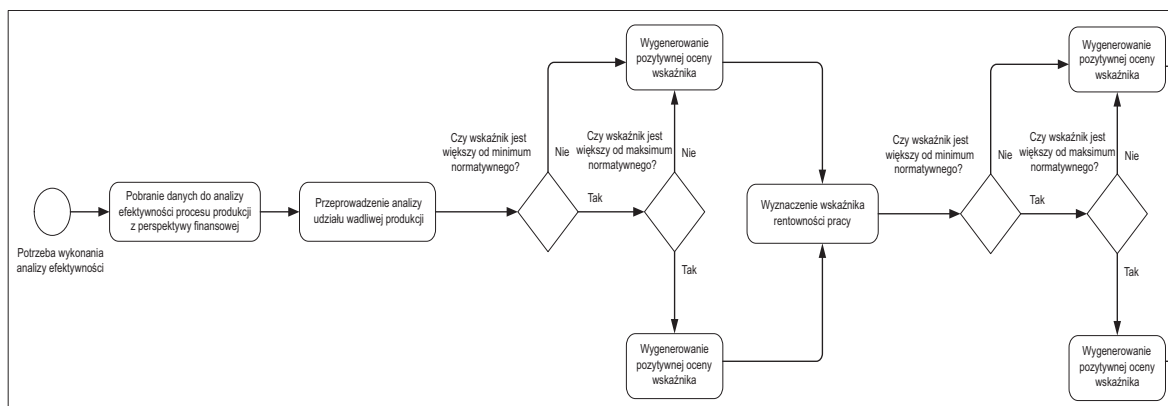


Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego *iGrafx Process 2011 for Six Sigma*.

¹¹ Atrybuty scenariuszowe są zmiennymi symulacyjnymi, które są globalne w obrębie danego scenariusza symulacyjnego. Zmiana atrybutu scenariusza powoduje zmianę we wszystkich elementach danego scenariusza. Zmiana atrybutu w jednym scenariuszu nie spowoduje jednak zmiany atrybutu w innych scenariuszach symulacyjnych.

¹² Atrybut transakcyjny jest zmienną symulacyjną, która jest powiązana z procesem przepływu transakcyjnego podczas symulacji. Zmiana wartości atrybutu w jednej transakcji nie powoduje zmian w wartościach tego atrybutu w pozostałych transakcjach.

Rysunek 6. Fragment analizy efektywności ekonomicznej procesu produkcji w perspektywie finansowej



Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego *iGrafx Process 2011 for Six Sigma*

Tabela 3. Zestawienie danych wsadowych dla analizy efektywności ekonomicznej procesu produkcji w perspektywie finansowej

Symbolika <i>iGrafx</i>	Opis
EFF11_Www	wartość wyrobów wadliwych
EFF11_Wwo	wartość wyrobów ogółem
EFF11_ZN	zysk netto
EFF11_WZ	wielkość zatrudnienia
EFF11_Kzm	koszty zużycia materiałów
EFF11_Zm	przeciętny stan zapasów materiałowych
EFF11_SN	sprzedaż netto
EFF11_Kwp	koszty wynagrodzeń

Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego *iGrafx Process 2011 for Six Sigma*.

w tabeli wielkości są zbieżne z danymi niezbędnymi do wyznaczenia wskaźników opracowanych w algorytmie oceny efektywności procesu produkcji w tej perspektywie.

Pierwszym elementem algorytmu efektywności ekonomicznej procesu produkcji w perspektywie

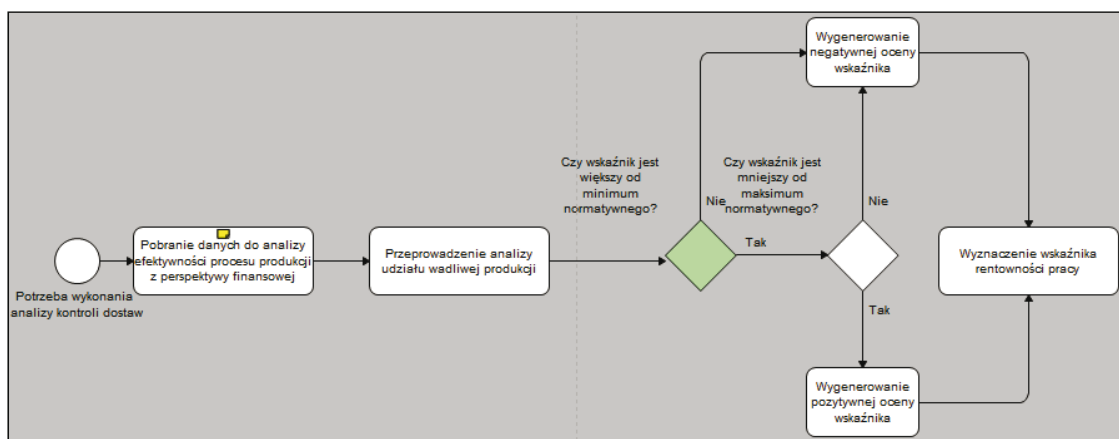
finansowej jest zdefiniowanie wszystkich atrybutów transakcyjnych w *iGrafx Process*. Poszczególne atrybuty należy przykładowo definiować w sposób następujący:

- EFF11_W4 – wartość obliczeniowa wskaźnika nr 4 w analizowanym procesie W4,
- EFF11_MaxNormatywW4 – maksymalna wartość normatywna dla wskaźnika W4,
- EFF11_MinNormatywW4 – minimalna wartość normatywna dla wskaźnika W4.

Pierwszym wskaźnikiem wyznaczanym w ramach analizy efektywności ekonomicznej procesu produkcji w perspektywie finansowej, jest wskaźnik analizy rentowności inwestycji (ROI), zdefiniowany w środowisku informatycznym *iGrafx Process* jako EFF11_W1. Na rysunku 7 przedstawiono sposób wyznaczenia tego wskaźnika w *iGrafx Process*. Zaprezentowana na rysunku zależność jest ściśle powiązana z danymi podstawowymi, określonymi w tabeli 3.

Kolejnym elementem analizy jest porównanie wartości obliczeniowej wskaźnika W1 z zakresem normatywnym. Sposób algorytmizacji porównania wartości obliczeniowej z normatywami także przedstawia rysunek 7.

Rysunek 7. Algorytm porównania wartości obliczeniowej z normatywną



Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego *iGrafx Process 2011 for Six Sigma*.

W pierwszym kroku zapytano, czy wartość obliczeniowa wskaźnika W1 jest większa od minimalnej wartości normatywnej dla tego wskaźnika (rysunek 8).

Jeśli wartość obliczeniowa wskaźnika jest większa od minimalnej wartości normatywnej, analizuje się drugi warunek decyzyjny, określający, czy wartość obliczeniowa jest mniejsza od maksymalnej wartości normatywnej (rysunek 9).

Po pozytywnym przejściu przez oba warunki decyzyjne, proces symulacyjny przydziela atrybutowi transakcji EFF11_W1status *wartość dodatnia*¹³ (w analizowanym przypadku + 2,86), co umożliwia porównanie statusu całego podprocesu.

W przypadku, gdy przy którymkolwiek z omówionych powyżej warunków decyzyjnych nastąpi negatywna odpowiedź, proces symulacyjny przydziela atrybutowi transakcji EFF11_W1status *wartość ujemna*

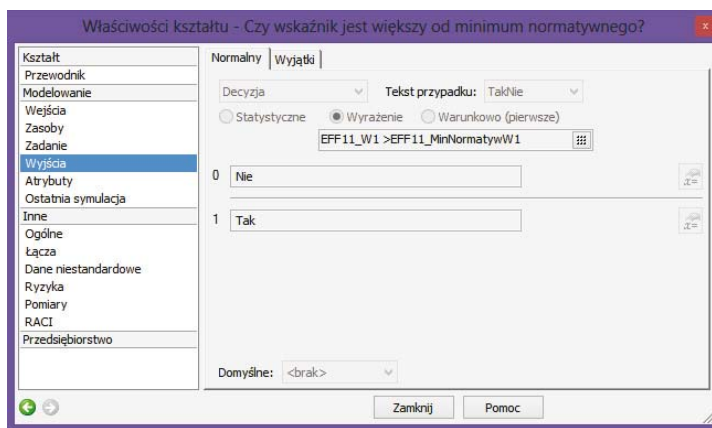
(w analizowanym przypadku -2,86), co umożliwia porównanie statusu całego podprocesu.

W analogiczny sposób należy przeprowadzić zdefiniowanie danych wsadowych i formuł obliczeniowych, a także oceny zgodności z normatywami dla pozostałych wskaźników (W2, W3, W4, W5, W6).

Po przeprowadzeniu analizy wszystkich wskaźników następuje łączna analiza efektywności procesu (rysunek 10). Ze względu na przypisywanie wartości dodatnich lub ujemnych dla wyników ocenionych pozytywnie lub negatywnie, należy uznać, że proces jest efektywny, gdy atrybut scenariuszowy StatusModeluEFF11 > 0, zgodnie z założeniem:

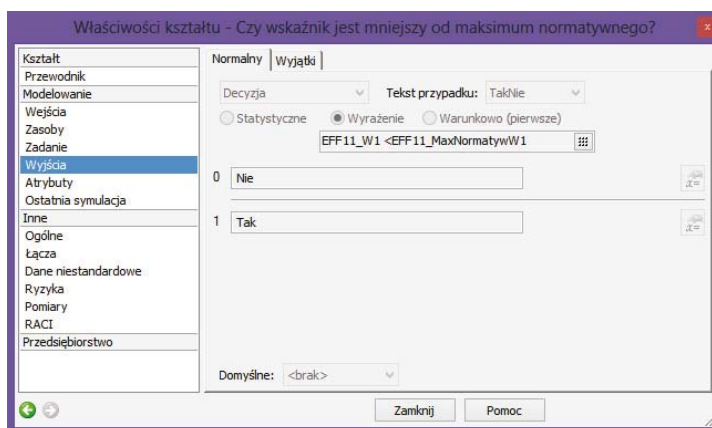
$$\text{StatusModeluEFF11} = \text{EFF11_W1status} + \text{EFF11_W2status} + \text{EFF11_W3status} + \text{EFF11_W4status} + \text{EFF11_W5status} + \text{EFF11_W6status}$$

Rysunek 8. Zdefiniowanie zakresu normatywnego – cz. 1



Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego iGrafx Process 2011 for Six Sigma

Rysunek 9. Zdefiniowanie zakresu normatywnego – cz. 2

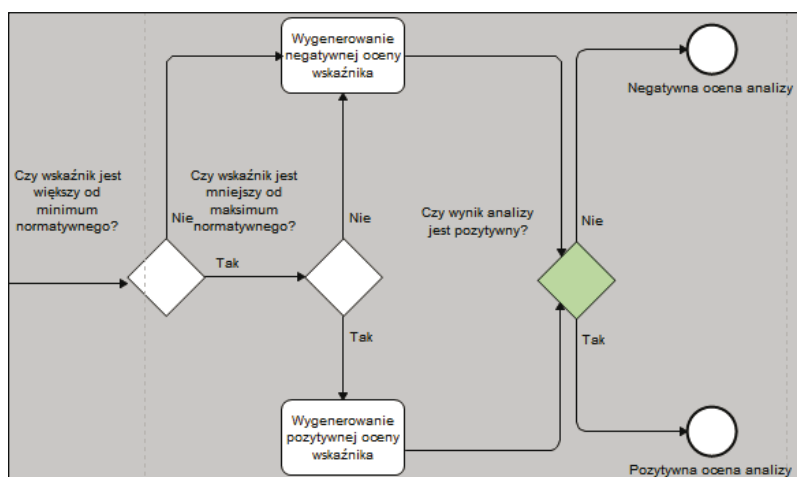


Źródło: Opracowanie własne z wykorzystaniem środowiska informatycznego iGrafx Process 2011 for Six Sigma

¹³ W przypadku analizowanej perspektywy do oceny procesu produkcji wykorzystano sześć wskaźników, którym przyznano następujące wagi: W1: 2,86, W2: 2,38, W3: 1,90, W4: 1,43, W5: 0,95, W6: 0,48. Logikę określania wag dla poszczególnych wskaźników we wszystkich czterech perspektywach oceny efektywności procesu produkcji przedstawiono w publikacji: A. Koliński, B. Śliwczyński, P. Golińska-Dawson, *Evaluation model for production process economic efficiency*, op.cit.

Metoda modelowania procesu oceny efektywności...

Rysunek 10. Ocena podprocesu w środowisku iGrafx



Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego *iGrafx Process 2011 for Six Sigma*.

W przeciwnym razie proces wygeneruje informację o negatywnej ocenie wskaźnika.

W analogiczny sposób należy przeprowadzić analizę pozostałych podprocesów oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji (EFF12, EFF13 i EFF14). Każdy z podprocesów ma zdefiniowany swój atrybut scenariuszowy oceniający status podprocesów:

- StatusModeluEFF12,
- StatusModeluEFF13,
- StatusModeluEFF14.

Dodatkowo został opracowany również atrybut scenariuszowy StatusModelu, który ma na celu ocenę korzyści ekonomicznych wynikających z całego modelu efektywności ekonomicznej procesu produkcji. Ze względu na przypisywanie wartości dodatnich lub ujemnych dla ogólnych ocen poszczególnych podprocesów (StatusModeluEFF11, StatusModeluEFF12, StatusModeluEFF13, StatusModeluEFF14), należy

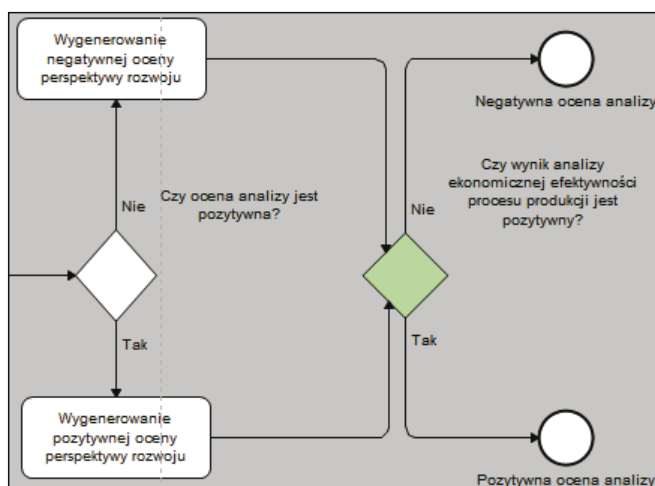
uznać, że cały analizowany proces jest efektywny, gdy atrybut scenariuszowy StatusModelu > 0 (rysunek 11), zgodnie z założeniem:

$$\text{StatusModelu} = \text{StatusModeluEFF11} + \text{StatusModeluEFF12} + \text{StatusModeluEFF13} + \text{StatusModeluEFF14}$$

W przeciwnym razie analiza całego procesu zostanie oceniona negatywnie.

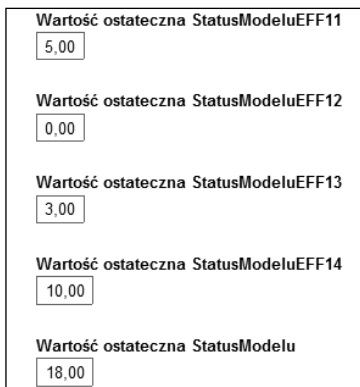
Po skończeniu symulacji w środowisku informatycznym *iGrafx* generowany jest raport przedstawiający wyniki analizy. Możliwe jest również ich eksportowanie do arkuszy kalkulacyjnych *MS Excel*, co ułatwia zmianę danych wsadowych do symulacji i przeprowadzanie kolejnych iteracji symulacyjnych. Na rysunku 12 przedstawiono przykładowy raport wygenerowany po przeprowadzeniu analizy efektywności ekonomicznej procesu produkcji.

Rysunek 11. Ocena procesu w środowisku iGrafx



Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego *iGrafx Process 2011 for Six Sigma*.

Rysunek 12. Przykładowy raport analizy oceny efektywności ekonomicznej w iGrafx



Źródło: Opracowanie własne przy wykorzystaniu środowiska informatycznego iGrafx Process 2011 for Six Sigma.

Raport wygenerowany w narzędziu informatycznym iGrafx Process 2011 for Six Sigma przedstawia wyniki analizy efektywności w poszczególnych wskaźnikach. Wagi wskaźników w określonych perspektywach zostały opracowane w taki sposób, by ich sumaryczna wartość nie przekraczała 10 punktów. Zatem sumaryczna wartość modelu może osiągnąć maksymalnie 40 punktów. W przypadku analizy efektywności ekonomicznej w perspektywie rozwoju (EFF14) należy zauważyć, że wszystkie analizowane wskaźniki mieszczą się w zakresach normatywnych, niemniej jednak uzyskana wartość ostateczna całego modelu nie przekroczyła 50 proc., głównie ze względu na negatywną ocenę wskaźników w perspektywie klienta (EFF12).

Podsumowanie

Problematyka efektywności procesu produkcji jest bardzo złożona nie tylko z powodu specyfiki procesów zachodzących w przedsiębiorstwach produkcyjnych, ale również ze względu na trudności w jego skutecznym monitorowaniu. Systemy informatyczne nie gwarantują uzyskania rzetelnych i aktualnych danych, na co wpływa wiele czynników. Przede wszystkim nie zapewniają przeprowadzenia złożonych z wielu kryteriów analiz efektywności poszczególnych procesów zachodzących w firmach produkcyjnych. Proces podejmowania decyzji w takich przedsiębiorstwach może być wspomagany przez narzędzie symulacyjne umożliwiające wielokryterialne analizy efektywności procesów produkcyjnych o różnej specyfice¹⁴.

W niniejszym artykule autorzy skupili się na przedstawieniu logiki modelowania procesu oceny efektywności produkcji z wykorzystaniem standardu BPMN. Opracowana logika jest wynikiem prac naukowych w ramach dwóch projektów badawczych^{15, 16}. Analogiczna logika modelowania procesów logistycznych została również opracowana dla procesów: zaopatrzenia¹⁷, transportowego oraz przepływu informacji w łańcuchu dostaw¹⁸. Pozwala to stwierdzić, że jest ona kompleksowa i uniwersalna, a stosowanie opracowanego modelu wspiera proces podejmowania decyzji. Głównym celem artykułu była prezentacja koncepcji oceny efektywności ekonomicznej produkcji oraz sposobu jej modelowania w narzędziu informatycznym. Dalszym etapem prac autorów będzie przedstawienie wyników symulacji, przeprowadzonych na opracowanym modelu oceny efektywności ekonomicznej procesu produkcji.

Bibliografia

Adamczak M., Domanski R., Hadas L., Cyplik P., *The integration between production-logistics system and its task environment-chosen aspects*, „IFAC-PapersOnLine” 2016, Vol. 49, No. 12, s. 656–661, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.771>.

Briol P., *BPMN – The Business Process Modeling Notation Pocket Handbook*, Lulu Press Inc., Raleigh, North Carolina 2008.

Chinosi M., Trombetta A., *BPMN: An introduction to the standard*, „Computer Standards & Interfaces” 2012, Vol. 34, No.1, s. 124–134, <http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2011.06.002>.

Koliński A., Śliwczyński B., *IT support of production efficiency analysis in ecological aspect*, [w:] P. Golińska, A. Kawa (eds.), *Technology Management for Sustainable Production and Logistics*, Springer Verlag, Berlin 2015.

Koliński A., Śliwczyński B., Golińska-Dawson P., *Evaluation model for production process economic efficiency*, „LogForum” 2016, Vol. 12, No. 2, s. 129–145, <http://dx.doi.org/10.17270/J.LOG.2016.2.3>.

Mantura W., *Zarys kwalitologii*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.

Mendel T., *Metodyka pisania prac doktorskich*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Poznań 2009.

Śliwczyński B. (red.), *Modelowanie systemu zarządzania przepływem materiałów i oceny efektywności procesów*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2015.

Śliwczyński B., *Zarządzanie procesami biznesowymi w łańcuchu dostaw wspomagane narzędziami elektronicznej gospodarki*, „LogForum” 2005, Vol. 1, No. 1, s. 1–14.

¹⁴ G. Vieira, L. Reis, M.L.R. Varela, J. Machado, J. Trojanowska, *Integrated Platform for Real-time Control and Production and Productivity Monitoring and Analysis*, „Romanian Review Precision Mechanics, Optics and Mechatronics” 2016, No. 50, s. 119.

¹⁵ Projekt badawczy *Symulacja zarządzania przepływem materiałów przedsiębiorstwa instrumentem wielowariantowej analizy efektywności procesów transportowych* (Nr N N509 549940) był realizowany ze środków finansowania nauki, przyznanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego decyzją Nr 5499/B/T02/2011/40.

¹⁶ Projekt badawczy *Instrumenty informacyjne wspierające optymalizację procesów transportowych w łańcuchach dostaw* (Nr KPL 1/13) był realizowany ze środków statutowych Wyższej Szkoły Logistyki.

¹⁷ B. Śliwczyński (red.), *Modelowanie systemu zarządzania przepływem materiałów i oceny efektywności procesów*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2015.

¹⁸ M. Stajniak (red.), *Instrumenty informacyjne wspierające optymalizację procesów transportowych w łańcuchu dostaw*, Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”, Radom 2015.

Metoda modelowania procesu oceny efektywności...

Stajniak M. (red.), *Instrumenty informacyjne wspierające optymalizację procesów transportowych w łańcuchu dostaw*, Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”, Radom 2015.

Stajniak M., Guszczak B., *Analysis of logistics processes according to BPMN methodology*, [w:] P. Golinska, M. Fertsch, J. Marx-Gomez (eds.), *Information Technologies in Environmental Engineering – new trends and challenges*, „Environmental Science and Engineering” 2011, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-19536-5_42.

Trojanowska J., Varela M.L.R., Machado J., *The Tool Supporting Decision Making Process in Area of Job-Shop Scheduling*, [w:] Á. Rocha, A. Correia, H. Adeli, L. Reis, S. Costanzo (eds.), *Recent Advances in Information Systems and Technologies*, WorldCIST 2017.

Vieira G., Reis L., Varela M.L.R., Machado J., Trojanowska J., *Integrated Platform for Real-time Control and Production and Productivity Monitoring and Analysis*, „Romanian Review Precision Mechanics, Optics and Mechatronics” 2016, No. 50, s. 119.

Modeling method for the evaluation process of production efficiency using the BPMN standard

At the age of dynamically changing market conditions, the speed of information flow and decision-making is one of the key factors affecting the competitiveness of enterprises. The decision-making process can be effectively assisted by simulation tools that allow multi-criteria analysis of the potential benefits or risks of the planned activities. The stage immediately preceding the use of simulation tools is modeling process, without which there is no way to effectively monitor and control the realized activities. The research problem defined by the authors is the way to carry out an assessment of the production process efficiency, taking into account the multidimensional analysis of the interdependencies within the process as well as the relationships with other processes that affect the continuity of the material flow. The aim of this paper is to present the concept of an evaluation model for the production process efficiency, as a proposal to minimize the identified research gaps in the fragmented definition of efficiency issues. This article focuses on the problem of modeling the evaluation process of production efficiency in iGrafx Process 2011 for Six Sigma, using the BPMN. The choice of this standard was determined by the representativeness of the modeling of processes and operating systems as well as the universal character, which allows the use of applications for other standards and notations. The result of the research conducted by the authors is a model that is conceptually prepared for verification, both in business practice as well as in the simulation procedure.

Adam Koliński jest ekspertem z zakresu efektywności procesów logistycznych, ze szczególnym uwzględnieniem logistyki produkcji. Autor jest adiunktem i koordynatorem naukowym Katedry Controllingu i Systemów Informatycznych Wyższej Szkoły Logistyki w Poznaniu oraz członkiem Polskiego Towarzystwa Logistycznego, Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego oraz Production and Operations Management Society. Zajmuje się realizacją projektów naukowo-badawczych, badawczo-rozwojowych i innowacyjnych. Od wielu lat prowadzi szkolenia z zakresu controllingu logistyki oraz systemów informatycznych wspomagających zarządzanie przedsiębiorstwem. Jest autorem lub współautorem kilkudziesięciu publikacji naukowych (w tym 15 opracowań monograficznych, skryptów akademickich oraz podręczników) i specjalistycznych z zakresu controllingu, efektywności produkcji oraz systemów informatycznych zarządzania. Jest członkiem Komitetu Naukowego Ogólnopolskiej Olimpiady Logistycznej.

Bogusław Śliwczyński jest ekspertem z zakresu controllingu, zarządzania operacyjnego i logistyki, profesorem Instytutu Logistyki i Magazynowania oraz Wyższej Szkoły Logistyki w Poznaniu. W realizowanych pracach naukowych, badawczo-rozwojowych i rynkowych łączy wiedzę z zakresu zarządzania i controllingu (doktor habilitowany nauk ekonomicznych) oraz systemów operacyjnych i informatycznych (doktor nauk technicznych). Jest Pełnomocnikiem Dyrektora Instytutu Logistyki i Magazynowania ds. Konsultingu oraz Kierownikiem Katedry Controllingu i Systemów Informatycznych Wyższej Szkoły Logistyki w Poznaniu. Brał udział w realizacji ponad 200 projektów badawczych i rynkowych dla przedsiębiorstw i instytucji w Polsce i UE w zakresie organizacji systemów zarządzania oraz controllingu, racjonalizacji procesów zakupów i zaopatrzenia, produkcji, zapasów i magazynowania, transportu i dystrybucji, a także zastosowania nowoczesnych systemów informatycznych i platform elektronicznych w przedsiębiorstwach oraz administracji publicznej. Jest autorem ponad 100 publikacji (w tym 10 książek) z zakresu controllingu, zarządzania operacyjnego oraz zarządzania procesami w łańcuchu dostaw.

Paulina Golińska-Dawson jest ekspertem z zakresu zarządzania operacyjnego i logistyki, w szczególności w przemyśle samochodowym, adiunktem na wydziale Zarządzania Politechniki Poznańskiej. W realizowanych pracach naukowych i badawczo-rozwojowych łączy wiedzę z zakresu zarządzania produkcją i logistyki z aspektami ekologicznymi oraz polityką zrównoważonego rozwoju. Jest redaktorem naczelnym serii książkowej w wydawnictwie Springer Publishing International „Środowiskowe problemy w produkcji i logistyce” („EcoProduction – Environmental Issues in Logistics and Manufacturing”). Jest recenzentem czasopism z listy filadelfijskiej z zakresu zrównoważonego rozwoju i zarządzania produkcją, m.in.: „Journal of Cleaner Production”, „International Journal of Advanced Manufacturing Technology”, „Sustainability”. Jest autorem ponad 80 publikacji z zakresu zarządzania operacyjnego, zarządzania przepływem materiałów w logistyce zwrotnej i remanufacturingu oraz wsparcia informatycznego decyzji menadżerskich w logistyce i produkcji.